Aus der Universitäts-Nervenklinik und Poliklinik Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. O. Schrappe

ZUR FRAGE DER INFRADIANEN BIORHYTHMIK BEIM MENSCHEN

- Eine erste orientierende Studie zur circaseptanen Periodik des Schlafes -

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Gabriele Englert

aus Bad Kissingen

Würzburg, den 22.8.1979

1980

Aus der Universitäts-Nervenklinik und Poliklinik Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. O. Schrappe

ZUR FRAGE DER INFRADIANEN BIORHYTHMIK BEIM MENSCHEN

- Eine erste orientierende Studie zur circaseptanen Periodik des Schlafes -

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Gabriele Englert

aus Bad Kissingen

Würzburg, den 22.8.1979

Referent: Dozent Dr. med. Dr. phil. U.J. Jovanović

Korreferent: Professor Dr. med. O. Schrappe

Dekan: Professor Dr. med. O. Schrappe

Tag der mündlichen Prüfung: 7. Februar 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

A) EINLEITUNG

I) Begriff und Definition 1

II) Anfänge der Chronobiologie 2

III) Terminologie der Biorhythmik 3

IV) Spezielle Biorhythmen 5

1) Ultradiane Biorhythmen (UB) 5

2) Circadiane Biorhythmen (CB) 6

a) Die Bedeutung äußerer Faktoren für den circadianen Biorhythmus 8

b) Zum Mechanismus des circadianen Biorhythmus 9

3) Infradiane Biorhythmen (IB) 10

V) Biorhythmik und einige Erkrankungen 13

VI) Schlaf und Biorhythmik 13

B) EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I) Ziel der Arbeit 16

II) Methodik 16

1) Schlafsituation und experimenteller Ablauf 16

2) Registriertechnik 17

3) Das Untersuchungsgut 18

4) Auswertung und Verarbeitung der Daten 20

5) Gestaltung der Untersuchungsserien 20

III) Ergebnisse

1) Resultate für die ganze Nacht (GN) 23

2) Die Drittel der Nacht (ND) 28

3) Die ultradianen Schlafperioden (P) 41

4) Vergleich der einzelnen Tage untereinander 59

Seite

C) DISKUSSION 71

D) ZUSAMMENFASSUNG 79

E) LITERATURVERZEICHNIS 81

A) EINLEITUNG

I) Begriff und Definition

Leben ist unter anderem durch eine unaufhörliche Bewegung in Raum und Zeit charakterisiert (Halberg und Lee, 1974). Das Studium des zeitlichen Aspektes ist Gegenstand der Chronobiologie. Sie stellt heute ein eigenständiges Teilgebiet der Biologie dar und bedient sich als objektive Wissenschaft vor allem statistischer Methoden zur Bearbeitung und Klassifizierung zeitlicher Veränderungen der verschiedensten biologischen Parameter. Zu den Veränderungen zählen z.B. Geburt, Wachstum, Entwicklung, Involution, Tod. Besonders interessante und wichtige zeitliche Veränderungen sind jedoch solche, die periodisch vorkommen und phasenhaft verlaufen.
Die inneren Perioden eines jeden Lebewesens sind externen physikalischen, sich rhythmisch in Intensität und Stärke ändernden Reizen ausgesetzt, von denen der bekannteste der Tag-Nacht-Wechsel ist. Der Mensch wird darüber hinaus aufgrund seines Lebens in einer sozialen Gemeinschaft von verschiedenen sozialen Rhythmen beeinflußt, wie dem Wechsel zwischen Arbeit und Ruhe.

Die Existenz solcher periodischer Veränderungen der Umwelteinflüsse läßt es natürlich erscheinen, daß der Organismus in irgendeiner Weise auf diese Rhythmen reagiert und sich ihnen anpaßt. Solche äußeren Einflüsse werden als externe Zeitgeber bezeichnet (Aschoff, 1965).
Neben diesen sogenannten exogenen periodischen Verände-

rungen gibt es jedoch auch Rhythmen, die ohne erkennbare externe Zeitgeber ablaufen, und solche, die zwar normalerweise mit einem externen Zeitgeber synchronisiert sind, sich aber von diesem entkoppeln lassen und dann frei weiterlaufen. Diese endogenen periodischen Veränderungen bezeichnet man als Biorhythmus im engeren Sinne (Halberg und Lee, 1974).

II) Anfänge der Chronobiologie

Die Ursprünge der Rhythmusforschung liegen in der Antike. Die alten Kulturvölker im Zweistromland besaßen bereits eine Zeiteinteilung in Arbeitstage und Ruhetage, von der sich unsere 7-Tage-Woche ableitet (Keil, 1976).

In der Medizin des antiken Griechenland wurde ein enger Zusammenhang gesehen zwischen der Gesundheit des Menschen und seiner Anpassung an Geographie, Klima und astronomische Zyklen. Hippokrates lehrte, daß Regelmäßigkeit ein Anzeichen von Gesundheit sei und unregelmäßige Körperfunktionen der Krankheit Vorschub leisteten. Ein- bis dreiwöchige Inkubationszeiten für bestimmte Krankheiten waren den griechischen Medizinern ebenso bekannt, wie das Auftreten von Ausschlägen und anderer Symptome in siebentägigem Abstand. Im Bereich der psychischen Erkrankungen erkannte schon Aristoteles die Periodizität einiger Psychosen (Menninger-Lerchenthal, 1960).

Die neuere Rhythmusforschung begann Ende des neunzehnten Jahrhunderts im Zusammenhang mit der raschen Entwicklung

der Biochemie, der Psychologie und der Physiologie. Glass und Lange (1888) gehörten zu den ersten, die Experimente über die Periodik der Leistung durchführten (s.IV,1). Eine große Bedeutung für die experimentelle Erforschung der Biorhythmik hatte die Erfindung des Elektroencephalogrammes (EEG) 1929 (s.Gloor, 1969).

III) Terminologie der Biorhythmik

Die wissenschaftliche Methode der modernen Rhythmusforschung ist die statistische Analyse einer Vielzahl von Beobachtungen der zeitlichen Veränderungen. Zur Beschreibung und Klassifizierung eines Biorhythmus wurde ein Begriffssystem entwickelt, das im folgenden anhand einer graphischen Darstellung nach Halberg und Lee (1974) erläutert wird (Abb.1).

Der ideale Verlauf einer periodischen Veränderung ist eine sinusförmige Kurve. Geht man von einem bestimmten Ausgangspunkt oder Referenzpunkt aus, z.B. Mitternacht in Abb.1, so steigt die Kurve an und erreicht um 6.00 Uhr eine bestimmte Höhe, den Mesor. Der Mesor (Grundlinie) ist der zeitliche Mittelwert der beobachteten Größe. Er kann sich verschieben, ohne daß die Periodik beeinflußt wird. Nach dem Passieren des Mesors steigt die Kurve weiter an und erreicht in Abb.1 das Maximum der Amplitude um 12.00 Uhr. Danach fällt die Kurve wieder ab, passiert den Mesor um 18.00 Uhr und ist um Mitternacht am Ausgangsniveau.
Die Zeit von einem bestimmten Ausgangspunkt bis zum Errei-

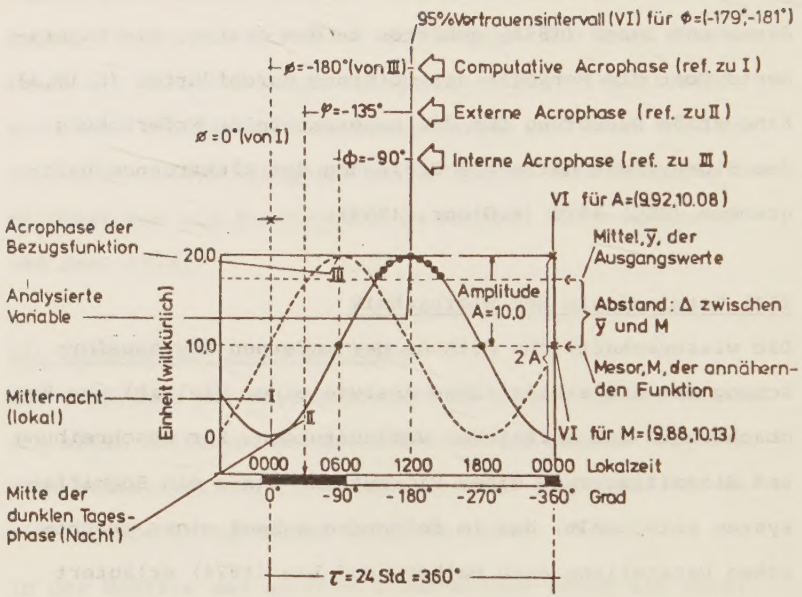

Abbildung 1: Charakteristika der idealen Biorhythmuskurve nach Halberg und Lee (1974) (aus Jovanovic, 1978)

chen des Gipfels bezeichnet man als Acrophase. Die Zeitdauer für das Durchlaufen eines vollständigen Zyklus ist die Periode der Rhythmik, im Beispiel beträgt die Periodendauer 24 Stunden. Die Anzahl der Zyklen pro Zeiteinheit ist die Frequenz. Bei Abb.1 handelt es sich um eine diane (dies=Tag-24 Std.) Periode. Meist dauern solche Perioden aber nur ungefähr 24 Stunden. Deshalb bezeichnet man sie als circadian. Perioden kürzer als 24 Stunden nennt man ultradian, länger als 24 Stunden infradian. Bei den infradianen Rhythmen unterscheidet man solche

mit einer Länge von 7 ± 3 Tagen (circaseptan), von 14 ± 3 Tagen (circadiseptan), von 21 ± 3 Tagen (circavigintan), von 30 ± 5 Tagen (circatrigintan), von einem Jahr ± 2 Monaten (circannual) (Halberg und Lee, 1974).
Hellpach (1950) beschreibt Rhythmen mit einer Periodik von sieben Jahren oder einem Vielfachen davon (n x 7).

IV) Spezielle Biorhythmen

1) Ultradiane Biorhythmen (UB)

Glass (1888) und Lange (1888) waren unter den ersten Wissenschaftlern, die sich mit dem hochfrequenten Teil des ultradianen Rhythmus befassten. Glass führte einen Selbstversuch über die Zeitschätzung durch, wobei er bestimmte vorgegebene Zeitabstände nachempfinden mußte. Die Schätzdifferenz wies in periodischen Abständen Maxima und Minima auf, die ein Vielfaches von 1.25 sec waren.
Lange versuchte im gleichen Jahr durch Experimente die Periodik der sinnlichen Aufmerksamkeit zu erforschen. Er testete die optische und akustische Aufmerksamkeit zweier Versuchspersonen (Vpn) und stellte fest, daß bei der optischen Aufmerksamkeit Perioden von 3.4 sec und bei der akustischen Aufmerksamkeit Perioden von 4.0 sec auftraten.

Voss (1899) arbeitete ebenfalls am Problem der Schwankungen der geistigen Arbeitsleistung. Mit drei Vpn, die in bestimmter Zeit Zahlen addieren mußten, fand er eine Periodizität der Aufmerksamkeitsschwankungen von 2.0 bis 2.6 sec. Wie schon Lange vor ihm kam auch Voss zu dem Schluß, daß diese

Periodizität einen zentralen nervösen Ursprung hat. Stebel und Sinz (1971) wiesen eine 2-Minuten Periodik im zentralnervösen Kurzspeicher bei akustischer Informationseingabe nach. Den Vpn, Assistenten und Studenten, wurden zehnstellige Zahlen im Abstand von 30 sec vorgesagt. Diese Zahlen wurden dann niedergeschrieben. Durch Verrechnung der fehlerhaften Zahlen wurden in 66 Fällen Leistungsschwankungen des Kurzspeichers von 2.2 min Dauer gefunden. In 16 Fällen traten übergeordnete Perioden von 15 min Dauer auf. Stebel und Sinz deuteten diese Schwankungen als Ausdruck einer periodischen Aktivität des Zentralnervensystems (ZNS).

2) Circadiane Biorhythmen (CB)

Engel (1957) befaßte sich mit der Tagesperiodik der Stimmung. Die Befragung von 116 gesunden Personen verschiedener sozialer Schichten ergab morgens, nachmittags und abends Stimmungstiefs und spätabendliche Stimmungshochs. Dabei traten nicht bei allen befragten Personen die drei depressiven Wellen auf. Auch können die Wellen selbst durch diverse Umweltfaktoren, wie Freizeit, geregelte Arbeitszeit oder Untätigkeit beeinflußt werden. Engel erstellt so in Bezug auf die Biorhythmik vier Typen von Menschen: (a) die arhythmischen Persönlichkeiten, (b) Personen mit isolierten Wellen (meist Morgen- oder auch Einschlafwelle), (c) Persönlichkeiten mit sicherem, aber leicht beeinflußbarem Rhythmus und (d) depressive Persön-

lichkeiten. Engel erwog einen depressiv-rhythmisierenden Faktor, der normalerweise nur die depressive Schwingungsweise des Tages bewirke, der aber unter bestimmten, unbekannten Bedingungen für die Krankheit Zyklothymie charakteristisch werde oder sie gar hervorrufe.

Über die Tagesschwankungen der muskulären Leistungsfähigkeit des Menschen berichtete Bochnik (1958). Nach Versuchen mit 12 Personen fand er nachts und vormittags Maxima der muskulären Leistungsfähigkeit und morgens und nachmittags Minima.

Hampp (1961) führte eine Untersuchung über die tagesrhythmischen Schwankungen der Stimmung und des Antriebs bei gesunden Menschen durch. 400 freiwillige Vpn wurden nach tageszeitlichen Schwankungen von Stimmung und Antrieb sowie nach ihren Schlafgewohnheiten befragt. Tagesrhythmische Schwankungen von Stimmung und Antrieb kannten 52 Prozent der Fälle (Rhythmiker). 39 Prozent kannten keine an die Tageszeit oder Situation gebundenen Schwankungen von Stimmung und Antrieb (Arhythmiker). 9 Prozent sahen den Wechsel von Stimmung und Antrieb nur durch In- und Umweltereignisse bestimmt (reaktiv-wechselhaft Gestimmte). Ein Drittel aller Fälle waren Abendtypen, d.h. Menschen mit abendlichem Stimmungs- und Antriebshoch und morgendlicher Erwachensflaute; ein Fünftel waren Morgentypen mit umgekehrtem Stimmungs- und Antriebshoch.

Jovanović (1974) schreibt vom wellenförmigen Verlauf der

physiologischen Leistungskurve, die ihre Tiefpunkte tagsüber bei 10, 13 und 17 Uhr hat.

a) Die Bedeutung äußerer Faktoren für den circadianen Biorhythmus

Ein bekannter und natürlicher physikalischer Rhythmus ist der Wechsel von Tag und Nacht. Die Frage, was geschieht, wenn man Personen von diesem Rhythmus isoliert, beschäftigte mehrere Wissenschaftler. Drei Gruppen seien hier erwähnt.

Aschoff (1955, 1957, 1965) führte mit seinen Mitarbeitern Versuche an Menschen in der Isolation von den Außenfaktoren durch. Die Vpn lebten in einem Bunker unter der Erde vollständig abgeschirmt von der Außenwelt. Sie konnten weder durch Uhren noch durch Orientierung an Umwelteinflüssen, wie Sonnenlicht oder Straßenlärm, die Tageszeit bestimmen, konnten aber sonst ein relativ normales Leben führen. Hierbei stellte sich heraus, daß der Tag-Nacht-Rhythmus beibehalten wurde. Nach einigen Tagen verlängerte sich jedoch der Tag um eine Stunde. Die meisten Vpn lebten keinen 24-Stunden-Tag mehr, sondern einen 25-Stunden-Tag. Einige hatten sogar einen 27-Stunden-Tag und nur ein einziger verkürzte den Tag auf 23.4 Stunden. Nach Beendigung der Versuche kehrten alle Personen ohne Schwierigkeiten zum normalen 24-Stunden-Rhythmus zurück.
Beobachtungen von Wever (1962, 1963, 1964) und seine Berechnungen ergaben, daß der biologische Rhythmus ohne den Einfluß der physikalischen 24-Stunden-Periodik weiter-

läuft, jedoch mit einer Verlängerungstendenz.
Halberg et al. (1965a) führten ebenfalls Isolationsversuche durch. Ein gesunder Freiwilliger lebte zwei Monate in einer Höhle unter der Erdoberfläche. Sein Tag verlängerte sich in dieser Zeit von 24 Stunden auf 24.5 Stunden. Dies wurde aus dem Schlaf-Wach-Rhythmus, der Pulsfrequenz und Versuchen mit Zeitschätzung errechnet.

Lund (1974) wertete Untersuchungen aus, die an 110 gesunden Menschen in mehrwöchiger Isolation gewonnen wurden. Bei etwa 80 Prozent der Probanden verlängerte sich die Tagesrhythmik auf 25.02 Stunden. Der verlängerten Rhythmik der psychischen Aktivität entsprach ein fast synchroner Anstieg der Körpertemperatur. In 20 Prozent der Fälle ergab sich zwar für die Körpertemperatur ein auf etwa 25 Std. verlängerter Rhythmus, jedoch wies die psychische Tagesaktivität zweierlei Rhythmen auf. Ein Teil der Vpn verkürzte auf 16-20 Stunden, der andere Teil verlängerte auf eine Periodik von 30-40 Stunden, ohne dies jedoch subjektiv wahrzunehmen.

b) Zum Mechanismus des circadianen Biorhythmus

Nach einigen Resultaten der neueren Rhythmusforschung beteiligen sich verschiedene Hormone am Mechanismus des circadianen Biorhythmus.
D'Agata und Mitarbeiter (1974) untersuchten den Wachstumshormonspiegel im Blut von 26 Kindern, 30 Erwachsenen und 19 alten Personen in Relation zum Schlaf-Wach-Zyklus. Sie

stellten fest, daß ab dem dritten Lebensmonat der Hormonspiegel nachts statistisch signifikant höher ist als tagsüber. Bei den Erwachsenen war dies ebenso der Fall. Bei den neunzehn alten Personen (zwischen 61 und 81 Jahren)war ein deutlicher Rhythmus des Wachstumshormones nicht mehr nachweisbar.

Daß die Biorhythmen verschiedener Blutbestandteile und der Körpertemperatur auch bei Nahrungseinschränkung bestehen bleiben, wiesen Reinberg und Mitarbeiter (1974) nach.
26 junge Frauen unterzogen sich zwei bis drei Wochen einer Proteindiät mit 220 Kalorien pro Tag. Verschiedene Parameter wie Glucagon, Cortisol und Körpertemperatur wurden vor und während der Diät bestimmt. Dabei wurden für die Zeit der Nahrungseinschränkung die gleichen Rhythmen gefunden wie vor den Versuchen.

Cavalleri und Mitarbeiter (1974) wiesen für die Ausscheidung von 17- Hydroxycorticosteroiden, Dehydroepiandrosteron, Androsteron und Etiocholanolon im Urin zweier gesunder Vpn einen circadianen Biorhythmus nach.

3) Infradiane Biorhythmen (IB)

Die 17-Hydroxycorticosteroide zeigen nicht nur einen circadianen Rhythmus, sondern auch einen infradianen.
Curtis und McEvoy (1974) beschäftigten sich mit diesem Biorhythmus. Einer der Autoren führte einen vier Jahre dauernden Selbstversuch durch. Nach Auswertung der gesammelten Daten zeigten sich für die 17-Hydroxycorticosteroidaus-

scheidung Rhythmen mit 8.5 Tagen (circaseptan), 11 Tagen (circadiseptan), 18 Tagen (circavigintan), 30 Tagen (circatrigintan=circalunar), 45.6 Tagen, 52 Tagen, 182 Tagen (circasemiannual) und 348 Tagen (circannual), wobei der circasemiannuale Rhythmus der stabilste war und seine Gipfel Ende April und Ende Oktober lagen.

Halberg und Mitarbeiter (1965b) berichteten über einen siebentägigen Rhythmus der 17-Ketosteroidausscheidung eines gesunden Mannes. Aus einem Zeitraum von vier Jahren wurden über 1100 Messungen ausgewertet, wobei sich zeigte, daß die 17-Ketosteroidausscheidung in der Mitte der Woche am größten war und zu Beginn der Woche am geringsten.

Hildebrandt und Franke (1974) schrieben über den subjektiven Verlauf von Kneipp-Kurbehandlungen. Im Zeitraum eines Jahres wurde bei 1925 Patienten während einer vierwöchigen aktivierenden Kneipp-Kurbehandlung mit einem Kurtagebuch der Häufigkeitsverlauf von Einschlafstörungen, Träumen, morgendlicher Unausgeschlafenheit, Änderung des Allgemeinbefindens, innerer Unruhe, der Stimmung sowie verschiedener Körperbeschwerden täglich kontrolliert. Die zeitliche Häufigkeitsverteilung der Maxima dieser Parameter ergab im Gesamtmaterial Gipfel im Bereich des 7., 14. und 21. Kurtages. Bei einem Teil der Personen dominierten diese Häufungen am Ende der ersten Woche, bei anderen am Ende der dritten Woche.

Kleitman und Ramsaroop (1948) berichteten über den Rhythmus von Körpertemperatur und Herzschlag innerhalb des Menstruationszyklus der Frau. Während die Körpertemperatur innerhalb des Zyklus eine Welle zeigte (circatrigintan), fanden sie für die Herzfrequenz zwei Wellen (circadiseptan).

Rensing (1973) schrieb unter anderem von der lunaren (29.5 Tage) und semilunaren (14.7 Tage) Rhythmik, die eine entscheidende Rolle bei der Regelung der Fortpflanzung und Entwicklung im Meer lebender Organismen spiele.

Sothern (1974) untersuchte den Rhythmus des Bartwuchses, der von der Funktion der Hypophyse, der Schilddrüse und der Gonaden abhängig ist. Er fand einen Rhythmus von 16.5 Tagen (circadiseptan).

Erwähnt sei noch die Untersuchung von Chiba und Mitarbeitern (1973) über den circaseptanen Rhythmus der Fortpflanzung des Insektes Folsomia candida. Dabei zeigte sich, daß unter bestimmten Bedingungen (ganztägige Dunkelheit, 25 Grad C) die Eiablage in Abständen von circa sieben Tagen erfolgte.

Im allgemeinen sind jedoch die infradianen Rhythmen heute noch am wenigsten erforscht. Das liegt möglicherweise auch daran, daß die Sammlung des statistischen Materials sehr viel zeitaufwendiger ist als bei den anderen Rhythmen. Man denke nur an den sechzehn Jahre laufenden Selbstversuch eines Forschers, der zum Nachweis der circannualen

Periodik der 17-Ketosteroidexkretion führte (Halberg und Reinberg, 1967).

V) Biorhythmik und einige Erkrankungen

Erkrankungen, die periodisch verlaufen, sind in allen Gebieten der Medizin bekannt. Typische Beispiele hierfür sind das bevorzugte Auftreten von Magenulcusbeschwerden im Frühjahr oder Herbst, die Fieberschübe der Malaria nach ein oder zwei fieberfreien Tagen, die praemenstruellen Beschwerden psychischer (Depressionen, Gereiztheit) oder physischer Art (Kopfschmerzen, Übelkeit, Leibschmerzen). Reimann (1963, 1974) gibt eine umfassende Zusammenstellung periodischer Erkrankungen, die nach einer Woche, zwei Wochen, vier Wochen oder unregelmäßig wiederkehren.

Über den Biorhythmus der psychischen Erkrankungen gibt Jovanović (1978) eine ausführliche Übersicht.

VI) Schlaf und Biorhythmik

Auch der Schlaf des Menschen zeigt zeitliche, insbesondere periodische Veränderungen. Es ist schon seit längerer Zeit bekannt, daß sich der Schlaf mit zunehmendem Alter verändert; so nimmt z.B. die Traumdauer mit zunehmendem Alter immer mehr ab (Roffwarg et al., 1966).

Der Schlaf-Wach-Rhythmus ist das natürlichste Beispiel für einen circadianen Rhythmus. Aber auch innerhalb der Nacht finden sich im Schlaf periodische Veränderungen.

So durchläuft der Mensch nach dem Einschlafen die zuerst von Loomis et al. (1937) klassifizierten und von Jovanović (1971) ergänzten Schlafstadien A-E. Dabei vertieft sich der Schlaf laufend vom Stadium des Subaufwachens A bis zum Stadium des Tiefschlafes E. Nach dem Tiefschlaf kommt wieder eine Verflachungsphase und die Traumschlafphase setzt ein. Hier treten die von Aserinsky und Kleitman (1953) zuerst näher beschriebenen raschen Augenbewegungen (Rapid-Eye-Movements = REM) auf. Eine solche Vertiefungs- und Verflachungsphase (orthodoxer, traumloser Schlaf) zusammen mit einer REM-Phase (paradoxer, Traumschlaf) bilden eine ultradiane Schlafperiode. Sie dauert zwischen 80 und 120 Minuten und wiederholt sich in einer Nacht drei- bis sechsmal. Dabei wird die Dauer der einzelnen Perioden vom Abend bis zum Morgen kürzer.

Aus dem bisher bekannten Schrifttum geht hervor, daß sich das Schlafverhalten auch innerhalb einer Woche, eines Monats, verschiedener Jahreszeiten und mehrerer Jahre periodisch ändern könnte.

Der wöchentliche Rhythmus der Arbeitszeit, der in allen Gesellschaftssystemen zu finden ist, führt zwangsläufig zu einer periodischen Änderung der Lebensweise an Werktagen und am Wochenende. Es ist zu erwarten, daß dies auch Auswirkung auf das Schlafverhalten hat.
Im nachfolgenden wollen wir einen ersten Schritt in

Richtung der Erforschung dieser Phänomenologie der Schlafperiodik machen.

Unsere Arbeit fassen wir als eine Anregung auf.

B) EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I) Ziel der Arbeit

Ziel unserer Untersuchungen ist es, einige neurophysiologische Parameter des Menschen im Schlaf an den verschiedenen Tagen der Woche miteinander zu vergleichen und eventuelle qualitative und quantitative Veränderungen des Schlafprofils und der Schlafperiodik darzustellen.

Eventuell gefundene Veränderungen sollen dahingehend untersucht werden, ob ein Zusammenhang mit der Einteilung der Kalenderwoche nach der allgemein üblichen Arbeitszeit in Werktage und arbeitsfreies Wochenende besteht.

Diese Thematik läßt sich im Sinne moderner Rhythmusforschung mit folgender Fragestellung zusammenfassen:

a) Unterliegen die wichtigsten klinisch-neurophysiologischen Parameter des Menschen im Schlaf einem infradianen 7-Tage-Rhythmus, d.h. den psychosozialen Zeitgebern wie Arbeit und Freizeitgestaltung?
b) Welche neurophysiologische, psychophysiologische und klinische Konsequenzen können daraus gezogen werden?

II) Methodik

1.) Schlafsituation und experimenteller Ablauf

Das Schlafforschungslaboratorium lag in einem ruhigen Seitenflügel der Universitätsnervenklinik Würzburg, der

vom normalen Klinikbetrieb nicht berührt wurde. Hier wurden laufend Untersuchungen mit freiwilligen Versuchspersonen (Vpn) und Patienten durchgeführt. Diese Personen schliefen in normalen Betten in Einzel- oder Doppelbettzimmern. In den Doppelbettzimmern schliefen nur Personen, die sich kannten oder gar miteinander verwandt waren.
Die Vpn trafen gegen 21 Uhr im Schlafforschungslaboratorium ein. Nachdem sie sich zu Bett begeben hatten, brachte der Versuchsleiter (VL) die Ableitelektroden für die verschiedenen Messungen (s. unten) an. Nach Löschen des Lichts begannen die polygraphischen Registrierungen, die die ganze Nacht über bis zum morgendlichen Erwachen der Vpn liefen. Der VL überwachte den Ablauf in einem separatem Raum.

2.) Registriertechnik

Bei den Vpn wurden in jedem Fall

a) Elektroencephalogramm (EEG),

b) Elektrooculogramm (EOG),

c) Elektromyogramm (EMG) und

d) Elektrokardiogramm (EKG)

abgeleitet. Zusätzlich wurden noch Elektrodermatogramm (EDG), Respirogramm (Resp.) und andere Registrierungen (s. Jovanović 1976a, 1978) vorgenommen. Diese zusätzlichen Ableitungen wurden nicht in jedem Falle und in jeder Nacht angewendet und werden von uns nicht berücksichtigt. EMG und EKG wurden in entsprechenden Arbeiten gewürdigt (s. Vorberg, 1972 sowie Müller, H.G., 1974 und Müller, H.K.M., 1974). Die Hirn-

wellen selbst sind ebenfalls Gegenstand anderer Dissertationen (Münch, 1975, Völkl, 1974), desgleichen die Augenmotorik (Theissen, 1973).

Die für das EEG benötigten Silberelektroden (8-10 mm Durchmesser) wurden mit Kollodium rechts und links frontal geklebt und je eine parietotemporal und occipital. Die Elektroden des EOG (4-5 mm Durchmesser) wurden beidseits an den äußeren Augenwinkeln und am oberen und unteren Orbitarand mit hautfreundlichem Klebestreifen befestigt. Als Kontaktmittel zwischen Kopfhaut und Elektroden wurde Conducta verwendet. Die bis zu drei Meter langen Ableitungsdrähte wurden gebündelt und über das Kopfende des Bettes geführt um die Vpn nicht zu behindern. Die Registrierungen erfolgten auf 8- und 12-kanäligen Ableitgeräten der Firmen Hellige (Freiburg) und ALVAR (Paris). Der VL brachte auf den Registrierkurven jede Minute eine Zeitmarke an. Dies erleichterte die spätere Auswertung.

Die Einzelheiten der Registriermethodik sind bei Jovanović (1971, 1972, 1976b, 1978) ausführlich beschrieben.

3.) Das Untersuchungsgut

Für diese Arbeit wurden aus den vorliegenden Unterlagen über Schlafuntersuchungen im Zeitraum vom 2.6.1974 bis 17.4.1975 diejenigen Vpn herausgesucht, die physisch und psychisch gesund waren. Dies war aufgrund internistischer Untersuchung und Auswertung psychologischer Tests vor den Experimenten festgestellt worden. Außerdem wurden nur

solche Vpn berücksichtigt, die vor und während der Versuchsnächte keine Medikamente eingenommen hatten sowie anderweitig nicht gestört worden waren.
Aufgrund dieser Auswahlkriterien standen Ergebnisse von 47 Vpn zur Verfügung. Alle Vpn waren zwischen 20 und 32 Jahre alt. Das Durchschnittsalter betrug 23.2 Jahre. 36 Vpn waren Männer, 11 Frauen. Die berufliche und soziale Herkunft der Vpn war verschieden, ein überdurchschnittlicher Teil bestand aus Studenten.
10 Vpn hatten 10 Nächte, 18 Vpn 14 Nächte und 19 Vpn 20 Nächte hintereinander im Schlafforschungslaboratorium geschlafen. Das ergab eine Gesamtzahl von 732 Untersuchungsnächten. Die jeweils erste Nacht einer jeden Vp wurde zur Auswertung nicht herangezogen. In dieser sogenannten Adaptationsnacht beeinflußt die ungewohnte Umgebung die Ergebnisse, wie von Mendels und Hawkins (1967) an Gesunden und Depressiven nachgewiesen wurde. Untersuchungen von Jovanović (1969) die dies bestätigen, zeigen, daß sich jedoch bereits in der zweiten Nacht zwei Drittel der jüngeren Probanden adaptiert haben.
Weitere 35 Nächte konnten für diese Arbeit nicht verwendet werden, teils weil sich die Vpn nicht an das Alkoholverbot während des Experiments hielten, teils weil technische Defekte an den Registriergeräten auftraten. So verblieben für die statistische Auswertung 650 Untersuchungsnächte.

4.) Auswertung und Verarbeitung der Daten

Die Auswertung der Registrierkurven wie EEG, EOG, EMG und EKG erfolgte visuell durch Mitarbeiter des Schlaflaboratoriums. Aus den Frequenzen und Amplituden der Hirnstromkurven bzw. Augenbewegungen wurde die Einteilung des Schlafes nach Loomis und Mitarbeitern (1937) und Jovanović (1970, 1971) in die Schlafstadien A-E und Wachdauer (W) vorgenommen. Anhand der raschen Augenbewegungen wurden Beginn und Dauer des Traumschlafes (REM-Schlaf) bestimmt. Aufgrund der Zeitmarken auf den Registrierkurven war es leicht möglich festzustellen, wann die Versuchsperson sich in welchem Schlafstadium befand, oder wann eine Schlafperiode mit einer Traumschlafphase beendet war. Dies wurde von Hand protokolliert. Ein typisches Beispiel ist in Tabelle 1 dargestellt.

Die weitere Verarbeitung der Daten wurde mit Hilfe der elektronischen Rechenanlage (Telefunken TR 440) des Rechenzentrums der Universität Würzburg vorgenommen. Zu diesem Zweck wurden die Daten auf Lochkarten übertragen. Das Rechenprogramm lieferte für jede interessierende Größe den Mittelwert ($\bar{x}$), die Streuung (s), den Fehler des Mittelwertes (MFM) und den Variationskoeffizienten (Vaco). Um die Signifikanz auftretender Unterschiede beurteilen zu können, wurde der paarweise t-Test angewendet.

5.) Gestaltung der Untersuchungsserien

Um zu sehen, ob Unterschiede im Schlafverhalten am Wochen-

A II - 052 - 002 - 007 - 123 (A) VL: Müller

P	N	A	B	C	D	E	T	Bemerkungen
P_1	$22^{31}-22^{51}$	—	$22^{51}-22^{52}$	$22^{52}-22^{59}$ $0^{07}-0^{12}$	$22^{59}-23^{03}$ $0^{05}-0^{07}$	$23^{03}-0^{05}$	$0^{12}-0^{25}$	REM gut
P_2				$0^{25}-0^{36}$ $0^{52}-1^{00}$ $1^{18}-1^{35}$	$0^{36}-0^{52}$ $1^{00}-1^{09}$	$1^{09}-1^{18}$	$1^{35}-2^{08}$	REM gut bis sehr gut
P_3				$2^{08}-2^{18}$ $2^{48}-3^{13}$	$2^{18}-2^{23}$	$2^{23}-2^{48}$	$3^{13}-3^{41}$	
P_4				$3^{41}-4^{34}$			$4^{34}-5^{24}$	
P_5				$5^{24}-6^{04}$			$6^{04}-6^{36}$	
	6^{36}							

Tab.1: Schlafstadiendauer und Stadienwechsel einer ganzen Nacht. Beispiel einer Auswertung anhand der Zeitmarken auf den polygraphisch registrierten Kurven.

ende und an den Werktagen vorliegen, wurden die Ergebnisse der einzelnen Wochentage in drei Serien zusammengefaßt. Dabei bildeten die Nächte der "Werktage" Montag bis Donnerstag (also die Nächte Montag auf Dienstag bis Donnerstag auf Freitag) die Serie I. Die Nächte Freitag auf Samstag und Samstag auf Sonntag, das Wochenende, bildeten die Serie II, die Nacht Sonntag auf Montag Serie III. Das bedeutet, daß das Wochenende und die Sonntagnacht mit einer durchschnittlichen Nacht der Wochentage Mo-Do verglichen werden. Diese Einteilung lehnt sich an die Aufteilung der Woche in Arbeitstage und freies Wochenende an. Die Sonntagnacht hat insofern eine Sonderstellung, als der Montag wieder der erste Arbeitstag einer neuen Woche ist. Inwieweit diese vereinfachende Zusammenfassung berechtigt ist, wird in einem späteren Abschnitt diskutiert, wo die Ergebnisse für alle Wochentage getrennt verglichen werden. Die Tatsache, daß die Mittelwerte der Serie I aus mehr Nächten gebildet werden als die der anderen Serien hat eine unterschiedliche Streuung der verschiedenen Mittelwerte zur Folge und wird bei den Tests auf statistische Signifikanz automatisch berücksichtigt.

Im folgenden werden die Ergebnisse nach der Einteilung in drei Serien vorgestellt.

III) Ergebnisse

1.) Resultate für eine ganze Nacht (GN)

Tab. 2: Schlafstadiendauer der ganzen Nacht in Minuten
(N=Anzahl der Vpn, St=Schlafstadium)

Serie	St	N	$\bar{x}$	s	MFM	Vaco
I	W	47	35.29	23.38	3.41	0.66
	A	47	6.16	3.77	0.55	0.61
	B	47	11.18	5.00	0.72	0.44
	C	47	174.60	23.25	3.39	0.13
	D	47	50.02	13.12	1.91	0.26
	E	47	90.30	14.50	2.11	0.16
	T	47	117.75	13.79	2.01	0.11
	To	47	485.32	7.92	1.15	0.01
II	W	47	30.43	27.47	4.00	0.90
	A	47	5.78	3.78	0.55	0.65
	B	47	10.14	6.75	0.95	0.64
	C	47	168.00	28.17	4.11	0.16
	D	47	56.38	15.62	2.27	0.27
	E	47	91.06	15.46	2.25	0.16
	T	47	126.53	17.46	2.54	0.13
	To	47	488.33	7.78	1.13	0.01
III	W	47	33.66	29.37	4.28	0.87
	A	47	5.98	4.80	0.70	0.80
	B	47	11.13	12.47	1.81	1.12
	C	47	171.43	37.04	5.40	0.21
	D	47	50.77	21.86	3.18	0.43
	E	47	92.75	21.57	3.14	0.23
	T	47	118.72	22.72	3.31	0.19
	To	47	484.47	7.06	1.03	0.01

Tabelle 2 zeigt die Schlafstadiendauer für eine ganze Nacht in Minuten. Vergleicht man zunächst die Mittelwerte der Wachdauer (W), der Stadiendauer A-E, der Traumschlafdauer (T) und der Gesamtschlafdauer (To) in Serie I (Montag - Donnerstag) und Serie II (Freitag/Samstag), so sieht

man, daß in Serie II die Wachdauer kürzer ist, nämlich 30.43 Minuten gegenüber 35.29 min in Serie I. Auch die Stadiendauer A, B und C verringern sich in Serie II. Die Dauer von Stadium A verkürzt sich von 6.16 auf 5.78 min, die von Stadium B von 11.18 auf 10.14 min und die von Stadium C von 174.60 auf 168.00 min. Die Dauer des mittleren Schlafes (D), des Tiefschlafes (E) sowie die Traumdauer (T) sind dagegen am Freitag/Samstag (Serie II) deutlich größer. Stadium D verlängert sich um 6.36 min, Stadium E steigt von 90.30 auf 91.06 min und die Traumschlafdauer (T) nimmt von 117.75 min in Serie I zu bis auf 126.53 min in Serie II. Die Werte für Serie III (Sonntag) ähneln der Tendenz nach mehr denen von Serie I. Die Wachdauer (W) ist mit 33.66 min kürzer als Montag/Donnerstag (Serie I), jedoch länger als in Serie II. Die Dauer der Stadien A, B und C nimmt gegenüber Serie II wieder zu, liegt jedoch über den Werten von Serie I. Die Dauer des mittleren Schlafes (D) ist in Serie III mit 50.77 min geringer als in Serie II (56.38 min), jedoch länger als in Serie I (50.07 min). Die Traumschlafdauer (T) ist am Sonntag (Serie III) 7.81 min kürzer als Freitag/Samstag (Serie II). Der Tiefschlaf (E) ist jedoch in Serie III mit 92.75 min am längsten. Die Gesamtschlafdauer (To) ist am Sonntag mit 484.47 min am kürzesten und am Wochenende mit 488.33 min am längsten.

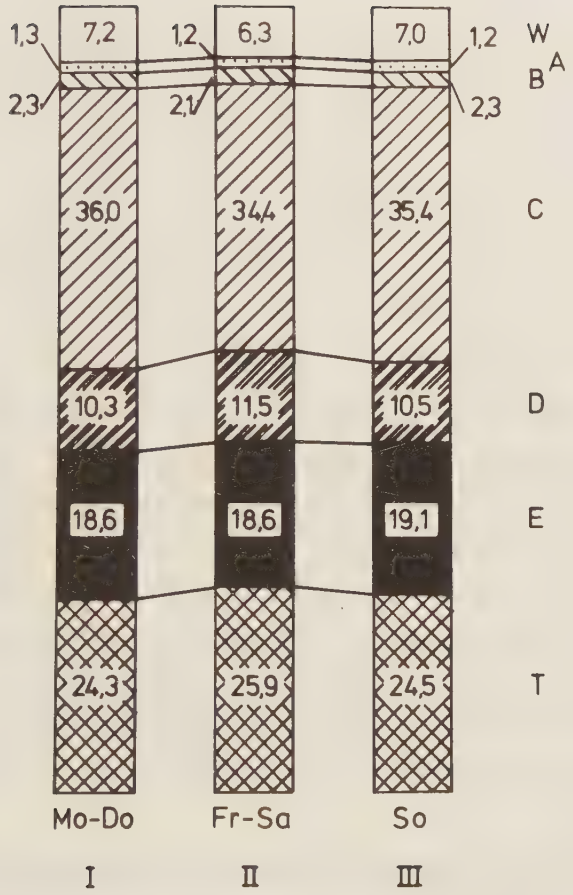

Abb. 2: Anteile der Stadiendauer des Gesamtschlafes (in Prozent). In den Untersuchungsserien I, II und III: n = Anzahl der Vpn = 47

In Abbildung 2 wurde die Dauer der ganzen Nacht gleich 100 Prozent gesetzt. Aufgezeichnet ist also jeweils der relative Anteil eines Stadiums. Durch diese Auftragungsweise wird die unterschiedliche absolute Schlafdauer (Minimum 484.47 min am Sonntag, Maximum 488.33 min am Freitag/Samstag) außer Betracht gelassen. Diese Abbildung zeigt die relativen Stadienanteile der ganzen Nacht für die drei Serien. Hier wird deutlich, daß auch relativ gesehen die Anteile von W, A, B und C in Serie II (Freitag/Samstag) geringer sind als in Serie I (Montag/Donnerstag) und Serie III (Sonntag).
Der Anteil von W beträgt in Serie II 6.3 Prozent gegenüber 7.2 Prozent in Serie I und 7.0 Prozent in Serie III. Das Stadium A ist mit 1.2 Prozent in Serie II genauso groß wie in Serie III. Die Stadien B und C sind mit Anteilen von 2.1 und 34.4 Prozent in Serie II am geringsten. Die Anteile des Stadiums D mit 11.5 Prozent und des Traumschlafes (T) mit 25.9 Prozent sind in Serie II am größten. Stadium E hat prozentual in Serie I und II den gleichen Anteil (18.6 Prozent) und ist mit 19.1 Prozent in Serie III am größten.

Wie man bereits an den mittleren Fehlern des Mittelwertes (MFM) in Tabelle 2 erkennen kann, sind nicht alle diese Unterschiede statistisch signifikant. Um die wirklich signifikanten Unterschiede herauszufinden, wurde der paarweise t-Test zwischen den Serien I/II, I/III und II/III durchgeführt. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse.

Tab. 3: Paarweiser t-Test für die Schlafstadiendauer der ganzen Nacht

Serie $\bar{x}$:$\bar{y}$	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
I : II	W	46	35.29	30.34	2.08	0.05
	A	46	6.16	5.78	0.63	n.s.
	B	46	11.18	10.14	1.07	n.s.
	C	46	174.60	168.00	1.86	0.05
	D	46	50.02	56.38	3.05	0.005
	E	46	90.30	91.06	0.40	n.s.
	T	46	117.75	126.53	3.74	0.005
	To	46	485.32	488.33	2.73	0.005
I : III	W	46	35.29	33.66	0.48	n.s.
	A	46	6.16	5.98	0.24	n.s.
	B	46	11.18	11.13	0.03	n.s.
	C	46	174.60	171.43	0.65	n.s.
	D	46	50.02	50.77	0.29	n.s.
	E	46	90.30	92.75	0.83	n.s.
	T	46	117.75	118.72	0.31	n.s.
	To	46	485.32	484.47	0.83	n.s.
II : III	W	46	30.34	33.66	1.08	n.s.
	A	46	5.78	5.98	0.29	n.s.
	B	46	10.14	11.13	0.55	n.s.
	C	46	168.00	171.43	0.66	n.s.
	D	46	56.38	50.77	1.65	n.s.
	E	46	91.06	92.75	0.57	n.s.
	T	46	126.53	118.72	2.33	0.05
	To	46	488.33	484.47	3.68	0.005

Zwischen Serie I und III ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Zwischen Serie II und III sind Traumschlafdauer (T) und Gesamtschlafdauer (To) signifikant unterschiedlich.

Zwischen Serie I und II sind ebenfalls Traumschlafdauer (T), daneben aber noch die Wachdauer (W) sowie die Stadiendauer

C und D signifikant unterschiedlich.
Das interessanteste Ergebnis dieses Tests ist die Verlängerung der Traumschlafdauer (T) und der Gesamtschlafdauer (To), da diese in Serie II (Freitag/Samstag) sowohl gegenüber Serie I als auch gegenüber Serie III signifikant verändert sind. Daneben sind eine signifikante Verlängerung des Schlafstadiums D in Serie II gegenüber Serie I festzuhalten, sowie eine signifikante Verkleinerung der Wachdauer (W) und des Stadiums C in Serie II.

2.) Die Drittel der Nacht (ND)

Im folgenden wurde die Dauer der Schlafstadien der drei Serien bei Einteilung der Gesamtschlafdauer in drei Drittel der Nacht verglichen. Diese Unterteilung ist sinnvoll, um die Gleichmäßigkeit des Schlafes innerhalb einer ganzen Nacht beurteilen zu können. So ergeben sich z.B. bei Neurotikern und Depressiven infolge von Einschlafstörungen bzw. Durchschlafstörungen starke Abweichungen der Stadiendauer in den verschiedenen Dritteln der Nacht (Jovanović 1976b).

Das erste Drittel der Nacht

Tabelle 4 zeigt die Schlafstadiendauer innerhalb des ersten Drittels der Nacht für die drei Serien. Vergleicht man hier die Serie II mit den Serien I und III, so ist in Serie II (Freitag/Samstag) die Wachdauer (W) mit 22.76 min am

Tab. 4: Schlafstadiendauer innerhalb der ersten Nachtdrittels

Serie	St	N	$\bar{x}$	s	MFM	Vaco
I	W	47	25.98	14.02	2.04	0.54
	A	47	4.73	2.38	0.34	0.50
	B	47	5.37	2.43	0.35	0.45
	C	47	41.52	9.29	1.35	0.22
	D	47	17.10	4.30	0.62	0.25
	E	47	53.26	13.18	1.92	0.24
	T	47	13.56	5.21	0.76	0.38
	To	47	161.47	2.65	0.38	0.01
II	W	47	22.76	15.09	2.20	0.66
	A	47	4.90	2.90	0.42	0.59
	B	47	5.39	3.14	0.45	0.58
	C	47	40.78	10.15	1.48	0.24
	D	47	19.32	6.04	0.88	0.31
	E	47	53.36	13.31	1.94	0.24
	T	47	15.89	6.39	0.93	0.40
	To	47	162.44	2.61	0.38	0.01
III	W	47	23.16	18.21	2.65	0.78
	A	47	5.09	4.38	0.64	0.86
	B	47	5.26	3.72	0.54	0.70
	C	47	43.34	15.54	2.26	0.35
	D	47	17.97	10.06	1.54	0.58
	E	47	54.07	16.91	2.46	0.31
	T	47	12.22	7.48	1.09	0.61
	To	47	161.14	2.35	0.34	0.01

geringsten. Das Stadium A ist in Serie I mit 4.73 min am kürzesten und in Serie III mit 5.09 min am längsten. Stadium B ist in Serie II mit 5.39 min geringfügig länger als in Serie I (5.37 min) und Serie III (5.26 min). Stadium C ist in Serie II mit 40.78 min am geringsten. Bei Stadium D und Traumschlafdauer (T) ist am Freitag/Samstag die längste Dauer festzustellen, gegenüber den Tagen Montag/Donnerstag und Sonntag. Beim Tiefschlaf (E) zeigt sich

eine Zunahme von Serie I mit 53.26 min zur Serie II mit 53.36 min und Serie III mit 54.07 min.

Die Dritteldauer (To) ist in Serie II um eine Minute länger als in Serie I und III.

Um die signifikanten Unterschiede herauszufinden, wurde der paarweise t-Test auch hier ausgeführt. Tabelle 5 zeigt dies für das erste Drittel der Nacht.

Tab. 5: Paarweiser t-Test für die Schlafstadiendauer innerhalb des ersten Nacht-Drittels

Serie x:y	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
I : II	W	46	25.89	22.76	1.66	n.s.
	A	46	4.73	4.90	0.61	n.s.
	B	46	5.37	5.39	0.19	n.s.
	C	46	41.52	40.78	0.50	n.s.
	D	46	17.10	19.32	2.29	0.05
	E	46	53.26	53.36	0.06	n.s.
	T	46	13.56	15.89	2.54	0.05
	To	46	161.47	162.44	2.60	0.05
I : III	W	46	25.89	23.16	0.94	n.s.
	A	46	4.73	5.09	0.61	n.s.
	B	46	5.37	5.26	0.19	n.s.
	C	46	41.52	43.34	0.69	n.s.
	D	46	17.10	17.79	0.56	n.s.
	E	46	53.26	54.07	0.36	n.s.
	T	46	13.56	12.22	1.24	n.s.
	To	46	161.47	161.14	0.95	n.s.
II : III	W	46	22.76	23.16	0.94	n.s.
	A	46	4.90	5.09	0.61	n.s.
	B	46	5.39	5.26	0.91	n.s.
	C	46	40.78	43.34	1.20	n.s.
	D	46	19.32	17.79	0.75	n.s.
	E	46	53.36	54.07	0.29	n.s.
	T	46	15.89	12.22	3.32	0.005
	To	46	162.44	161.14	3.66	0.005

Zwischen den Serien I und III gibt es keine signifikanten Unterschiede.
Zwischen Serie II und III sind die Traumschlafdauer (T) und die Dritteldauer (To) signifikant unterschiedlich. Beim Vergleich von Serie I und II sind ebenfalls die Traumschlafdauer (T) und die Dritteldauer (To) signifikant unterschiedlich, aber auch noch die längere Dauer von Stadium D in Serie II.

Betrachtet man nun die prozentualen Anteile der Stadien im ersten Nacht-Drittel (Abbildung 3), so zeigt sich, daß die Wachdauer (W) mit 14.0 Prozent in Serie II am geringsten ist. Stadium A ist mit 3.0 Prozent in Serie II genauso groß wie in Serie I, jedoch geringer als in Serie III (3.2 Prozent). Stadium B ist in allen drei Serien gleich groß (3.3 Prozent). Das Stadium C ist am Freitag/Samstag mit 25.1 Prozent geringer als Montag/Donnerstag (25.6 Prozent) und Sonntag (26.9 Prozent). Stadium D ist in Serie II ebenso wie die Traumschlafdauer (T) prozentual am größten. Der Tiefschlaf (E) ist in Serie II 0.1 Prozent geringer als in Serie I (33.0 Prozent) und in Serie III mit 33.5 Prozent anteilig am größten.

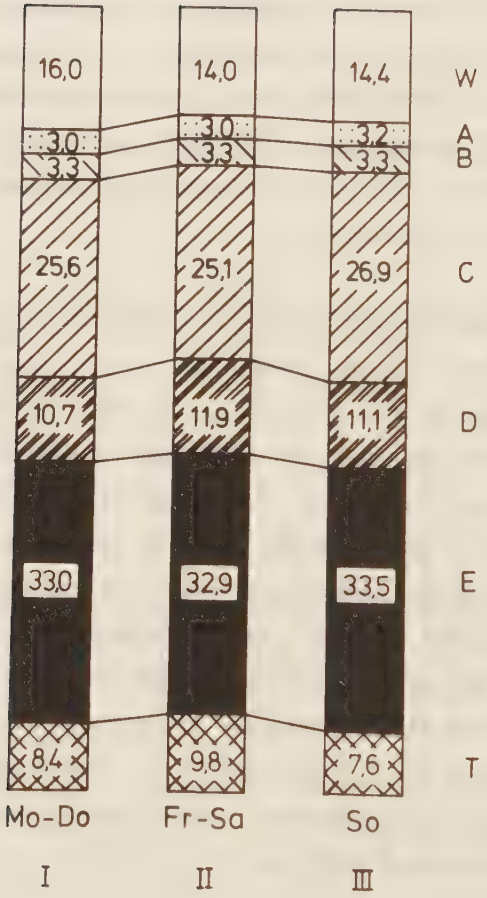

Abb. 3: Anteile der Stadien innerhalb des ersten Nacht-Drittels in Prozent. n = 47 für alle drei Serien.

Das zweite Drittel der Nacht

Tabelle 6 zeigt die Stadiendauer der drei Serien innerhalb des zweiten Drittels der Nacht. Die Dauer von W ist in Serie II mit 2.61 min am geringsten. Im Gegensatz zum ersten Nachtdrittel sind auch Stadium A mit 0.28 min und Stadium B mit 1.94 min in Serie II am kleinsten. Stadium C ist in Serie II um 3.47 min kürzer als in Serie I (68.98

Tab. 6: Schlafstadiendauer innerhalb des 2. Drittels der Nacht

Serie	St	N	$\bar{x}$	s	MFM	Vaco
I	W	47	2.76	7.05	1.02	2.55
	A	47	0.75	1.62	0.23	2.16
	B	47	2.02	1.76	0.25	0.86
	C	47	68.98	11.78	1.71	0.17
	D	47	19.11	7.74	1.12	0.40
	E	47	23.64	7.05	1.02	0.29
	T	47	44.17	7.13	1.04	0.16
	To	47	161.47	2.65	0.38	0.01
II	W	47	2.61	8.05	1.17	3.08
	A	47	0.28	0.61	0.08	2.18
	B	47	1.94	3.13	0.45	1.61
	C	47	65.51	17.70	2.58	0.27
	D	47	20.59	8.19	1.19	0.39
	E	47	24.72	10.42	1.52	0.42
	T	47	46.77	9.46	1.38	0.20
	To	47	162.44	2.61	0.38	0.01
III	W	47	3.53	9.68	1.41	2.37
	A	47	0.37	1.32	0.19	3.53
	B	47	2.01	3.96	0.57	1.96
	C	47	64.37	20.40	2.97	0.31
	D	47	19.57	14.39	2.09	0.73
	E	47	25.12	13.12	1.91	0.52
	T	47	46.14	12.56	1.83	0.27
	To	47	161.14	2.35	0.34	0.01

min), jedoch in Serie III mit 64.37 min am geringsten. Stadium D und der Traumschlaf (T) sind in Serie II am längsten. Stadium E ist am Sonntag mit 25.12 min im zweiten Nacht-Drittel am längsten.

Tabelle 7 zeigt den paarweisen t-Test im zweiten Drittel der Nacht.
Im Vergleich von Serie I und Serie III ist die längere Dauer von Stadium C signifikant.

Tab. 7: Paarweiser t-Test für die Schlafstadiendauer innerhalb des zweiten Drittels der Nacht

Serie x:y	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
I : II	W	46	2.76	2.61	0.22	n.s.
	A	46	0.75	0.28	2.13	0.05
	B	46	2.02	1.94	0.16	n.s.
	C	46	68.98	65.51	1.53	n.s.
	D	46	19.11	20.59	1.22	n.s.
	E	46	23.64	24.72	0.72	n.s.
	T	46	44.17	46.77	1.78	0.05
	To	46	161.47	162.44	2.60	0.05
I : III	W	46	2.76	3.53	0.64	n.s.
	A	46	0.75	0.37	1.60	n.s.
	B	46	2.02	2.01	0.01	n.s.
	C	46	68.98	64.37	1.76	0.05
	D	46	19.11	19.57	0.23	n.s.
	E	46	23.64	25.12	0.90	n.s.
	T	46	44.17	46.14	1.11	n.s.
	To	46	161.47	161.14	0.95	n.s.
II : III	W	46	2.61	3.53	1.00	n.s.
	A	46	0.28	0.37	0.52	n.s.
	B	46	1.94	2.01	0.09	n.s.
	C	46	65.51	64.37	0.33	n.s.
	D	46	20.59	19.57	0.48	n.s.
	E	46	24.72	25.12	0.20	n.s.
	T	46	46.77	46.14	0.28	n.s.
	To	46	162.44	161.14	3.66	0.005

Im Vergleich von Serie II und III die längere Drittel-dauer (To) in Serie II.
Signifikante Unterschiede zwischen Serie I und Serie II finden sich in der kürzeren Dauer von Stadium A und der längeren Dauer des Traumschlafes (T) und der Drittel-dauer (To) in Serie II.

Abbildung 4 zeigt die prozentualen Anteile der Schlaf-stadien der drei Serien im zweiten Drittel der Nacht. Die Anteile der Wachdauer (W), von Stadium A und Stadium B sind in Serie II am geringsten. Stadium C ist am Freitag/Samstag mit 40.3 Prozent am größten, ebenso Stadium D mit 12.7 Prozent und der Traumschlaf (T) mit 28.8 Prozent. Der Tiefschlaf (E) ist wie schon im ersten Drittel der Nacht am Sonntag mit 15.6 Prozent anteilig am größten.

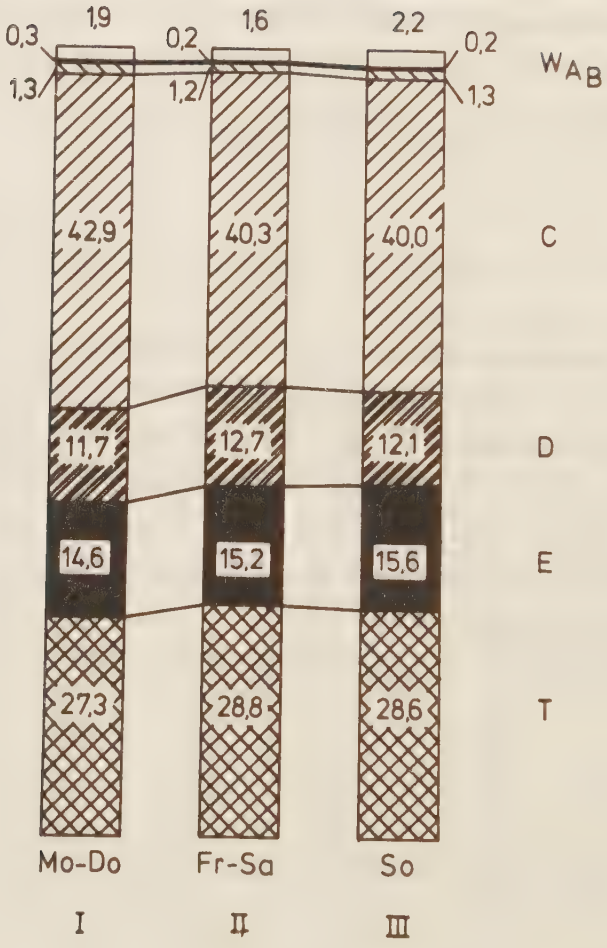

Abb. 4: Anteile der Stadien innerhalb des zweiten Nachtdrittels in Prozent. n = 47 für die drei Serien.

Das letzte Nacht-Drittel

Tab. 8: Schlafstadiendauer innerhalb des letzten Nacht-Drittels

Serie	St	N	$\bar{x}$	s	MFM	Vaco
I	W	47	6.28	8.52	1.24	1.35
	A	47	1.02	1.76	0.25	1.72
	B	47	3.77	3.35	0.48	0.88
	C	47	64.08	9.34	1.36	0.14
	D	47	13.80	4.99	0.72	0.36
	E	47	13.39	6.25	0.95	0.48
	T	47	60.08	9.96	1.45	0.16
	To	47	162.39	2.61	0.38	0.01
II	W	47	5.05	11.33	1.65	2.42
	A	47	0.60	1.54	0.22	2.56
	B	47	2.79	3.65	0.53	1.30
	C	47	61.70	13.11	1.91	0.21
	D	47	16.46	7.56	1.10	0.45
	E	47	12.96	7.93	1.15	0.61
	T	47	63.86	12.29	1.79	0.19
	To	47	163.44	2.56	0.37	0.01
III	W	47	6.96	15.02	2.19	2.15
	A	47	0.51	1.17	0.17	2.27
	B	47	3.84	7.64	1.11	1.98
	C	47	63.71	19.69	2.87	0.30
	D	47	13.22	10.08	1.47	0.76
	E	47	13.56	9.25	1.34	0.68
	T	47	60.35	15.77	2.30	0.26
	To	47	162.19	2.42	0.35	0.01

In Tabelle 8 sind die Mittelwerte der Stadiendauer innerhalb des letzten Nacht-Drittels für die drei Serien aufgestellt. Wie auch im ersten und zweiten Nacht-Drittel ist die Wachdauer (W) in Serie II am geringsten; die Dauer von Stadium A ist am Sonntag (Serie III) kürzer als in den

beiden anderen Serien. Die Stadien B und C sind ebenfalls in Serie II am kürzesten. Der mittlere Schlaf (D) und der Traumschlaf (T) sind in Serie II länger als in Serie I und Serie III. Der Tiefschlaf (E) ist in Serie III mit 13.56 min am längsten.

Die Dritteldauer (To) ist wie im ersten und im zweiten Drittel der Nacht am Freitag/Samstag eine Minute länger,

Tab. 9: Paarweiser t-Test für die Stadiendauer innerhalb des letzten Nacht-Drittels

Serie $\bar{x}$:$\bar{y}$	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
I : II	W	46	6.28	5.05	0.98	n.s.
	A	46	1.02	0.60	1.35	n.s.
	B	46	3.77	2.79	1.67	n.s.
	C	46	64.08	61.70	1.39	n.s.
	D	46	13.80	16.46	2.42	0.05
	E	46	13.39	12.96	0.33	n.s.
	T	46	60.00	63.86	3.38	0.005
	To	46	162.39	163.44	2.94	0.005
I : III	W	46	6.28	6.96	0.43	n.s.
	A	46	1.02	0.51	2.16	0.05
	B	46	3.77	3.84	0.05	n.s.
	C	46	64.08	63.71	0.13	n.s.
	D	46	13.80	13.22	0.40	n.s.
	E	46	13.39	13.56	0.12	n.s.
	T	46	60.00	60.35	0.16	n.s.
	To	46	162.39	162.19	0.58	n.s.
II : III	W	46	5.05	6.96	1.03	n.s.
	A	46	0.60	0.51	0.41	n.s.
	B	46	2.79	3.84	0.93	n.s.
	C	46	61.70	63.71	0.67	n.s.
	D	46	16.46	13.22	2.08	0.05
	E	46	12.96	13.56	0.35	n.s.
	T	46	63.86	60.35	1.57	n.s.
	To	46	163.44	162.19	3.60	0.005

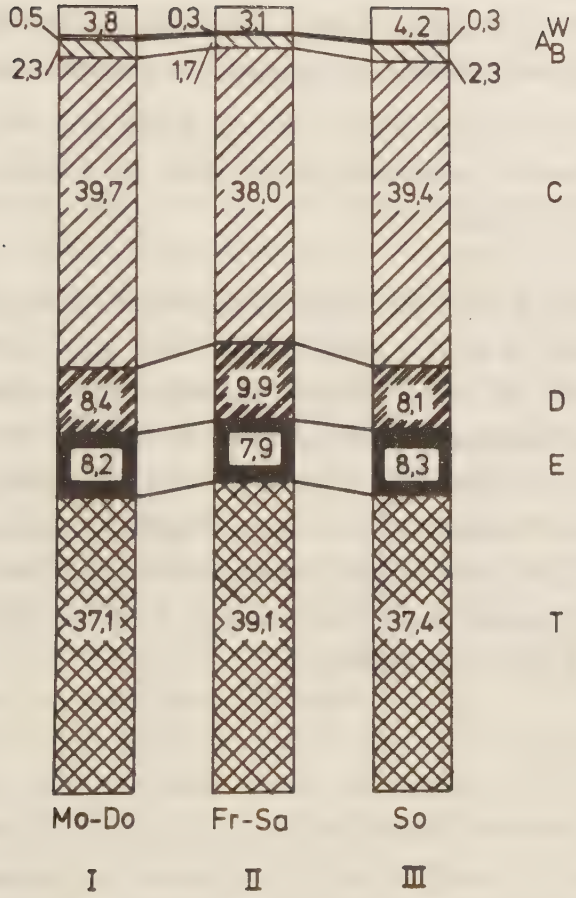

Abb. 5: Anteile der Stadien innerhalb des letzten Nachtdrittels in Prozent. n = 47

was sich in Tabelle 9 beim paarweisen t-Test als signifikant unterschiedlich erweist.
Weiterhin signifikant sind die längere Dauer von Stadium D in Serie II gegenüber Serie I und Serie III und die längere Traumschlafdauer (T) in Serie II gegenüber Serie I.

Beim Vergleich von Serie I und III ergibt sich noch ein signifikanter Unterschied in der Dauer von Stadium A, das in Serie I länger ist.

Abbildung 5 zeigt den prozentualen Anteil der Schlafstadiendauer im letzten Nacht-Drittel. Hier zeigt sich wie im ersten und zweiten Drittel der Nacht, daß in Serie II (Freitag/Samstag) die prozentualen Anteile der Wachdauer (W) und der Stadien A, B und C geringer sind. Das Stadium D und der Traumschlaf (T) sind wie vorher in Serie II anteilig am größten. Der Tiefschlaf (E) ist in Serie II mit 7.9 Prozent am geringsten und in Serie III (Sonntag) mit 8.3 Prozent am größten.

3.) Die ultradianen Schlafperioden (P)

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, besitzt der Schlaf des Menschen eine ultradiane Periodik; so werden in einer Nacht drei bis sechs Schlafperioden durchlaufen (im Durchschnitt fünf ultradiane Perioden) (s. Jovanović 1971, 1972, 1978).

Grundsätzlich zeigt sich bei den hier vorliegenden Untersuchungen für alle drei Serien innerhalb dieser Perioden in etwa der gleiche Verlauf wie er von Jovanović (1974) beschrieben wurde: In der ersten Periode ist die Wachdauer (W) groß, da das Wachsein vor dem ersten Einschlafen dazugerechnet wird. Die Stadiendauer A-E nehmen zusammen einen relativ großen Teil der Periode ein, die erste Traumschlafphase ist kurz. In der zweiten Periode sind das Wachsein und die Stadien A und B verschwindend gering. Demgegenüber nehmen leichter Schlaf (C) und mittlerer Schlaf (D) jetzt zu. Der Tiefschlaf verkürzt sich, ebenso die Periodendauer (To). Die Traumschlafdauer (T) nimmt stark zu. In der dritten Schlafperiode nimmt der leichte Schlaf (C) noch mehr zu, und die tiefen Stadien werden weiter kürzer. Der Traumschlaf (T) wird noch länger. In der vierten Periode nimmt der Tiefschlaf (E) weiter ab. In der fünften ultradianen Periode ist die Dauer des Tiefschlafes noch geringer geworden, während die Traumschlafdauer noch relativ groß ist.

In den Tabellen 10,12,14, 16 und 18 sind die Stadiendauer W-E und die Gesamtschlafdauer (To) der einzelnen Perioden für alle drei Serien zusammengestellt, wobei sich einige Unterschiede ergeben, die im paarweisen t-Test (Tabelle 11, 13,15,17 und 19) auf Signifikanz überprüft werden. Die Abbildungen 6-10 zeigen den relativen Stadienanteil innerhalb der fünf Schlafperioden für die drei Serien.

Die erste ultradiane Schlafperiode

Tabelle 10 zeigt die Schlafstadiendauer innerhalb der ersten ultradianen Schlafperiode für die drei Serien. Am Freitag/Samstag (Serie I) ist die erste Schlafperiode insgesamt (To) am kürzesten. Das zeigt sich auch in der Stadiendauer, die bis auf Stadium A in Serie II am kürzesten ist. Stadium A ist in Serie I am geringsten.

In Tabelle 11 sind hierfür die signifikanten Unterschiede dargestellt.

Tab. 10: Schlafstadiendauer innerhalb der ersten ultradianen Schlafperiode

Serie	St	N	$\bar{x}$	s	MFM	Vaco
I	W	47	25.96	13.78	2.01	0.53
	A	47	4.80	2.47	0.36	0.51
	B	47	5.04	2.42	0.35	0.48
	C	47	27.60	11.12	1.62	0.40
	D	47	11.59	4.71	0.68	0.40
	E	47	42.85	12.75	1.85	0.29
	T	47	17.30	5.57	0.81	0.32
	To	47	134.90	26.81	3.91	0.19
II	W	47	21.72	14.01	2.02	0.64
	A	47	4.85	2.88	0.42	0.59
	B	47	4.74	2.61	0.38	0.55
	C	47	24.14	11.26	1.64	0.46
	D	47	10.93	6.64	0.96	0.60
	E	47	40.24	13.86	2.02	0.34
	T	47	16.90	5.84	0.85	0.34
	To	47	123.55	33.18	4.84	0.26
III	W	47	23.46	18.16	2.64	0.77
	A	47	5.19	4.50	0.65	0.86
	B	47	5.07	3.65	0.53	0.72
	C	47	30.25	18.04	2.63	0.59
	D	47	13.79	11.68	1.70	0.84
	E	47	43.37	17.71	2.58	0.40
	T	47	17.01	7.66	1.11	0.45
	To	47	138.17	38.75	5.65	0.28

Zwischen Serie I und Serie III ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Zwischen Serie I und II sind die Wachdauer (W), das Stadium C und die Gesamtperiodendauer (To) am Freitag/Samstag (Serie II) signifikant kürzer.

Beim Vergleich von Serie II und Serie III sind das Stadium C und die Gesamtperiodendauer (To) ebenfalls am Freitag/Samstag signifikant kürzer.

Tab. 11: Paarweiser t-Test für die Schlafstadiendauer innerhalb der ersten Schlafperiode

Serie $\bar{x}$:$\bar{y}$	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
I : II	W	46	25.69	21.72	1.87	0.05
	A	46	4.80	4.85	0.10	n.s.
	B	46	5.04	4.74	0.67	n.s.
	C	46	27.60	24.14	2.04	0.05
	D	46	11.59	10.93	0.59	n.s.
	E	46	42.85	40.24	1.58	n.s.
	T	46	17.30	16.90	0.45	n.s.
	To	46	134.90	123.55	3.00	0.005
I : III	W	46	25.69	23.46	0.73	n.s.
	A	46	4.80	5.19	0.53	n.s.
	B	46	5.04	5.07	0.04	n.s.
	C	46	27.60	30.25	0.97	n.s.
	D	46	11.59	13.79	1.30	n.s.
	E	46	42.85	43.37	0.24	n.s.
	T	46	17.30	17.01	0.25	n.s.
	To	46	132.90	138.17	0.58	n.s.
II : III	W	46	21.72	23.46	0.73	n.s.
	A	46	4.85	5.19	0.53	n.s.
	B	46	4.74	5.07	0.50	n.s.
	C	46	24.14	30.25	2.27	0.05
	D	46	10.93	13.79	1.64	n.s.
	E	46	40.24	43.37	1.21	n.s.
	T	46	16.90	17.01	0.09	n.s.
	To	46	123.55	138.17	2.67	0.05

In Abbildung 6 sind die relativen Stadienanteile für die erste ultradiane Schlafperiode aufgezeichnet. Hier zeigt sich, daß prozentual gesehen die Wachdauer (W) in Serie III am geringsten ist. Stadium A ist in Serie II anteilig am größten. Stadium C und D sind in Serie II jeweils am geringsten und die Stadien E und der Traumschlaf (T) am größten.

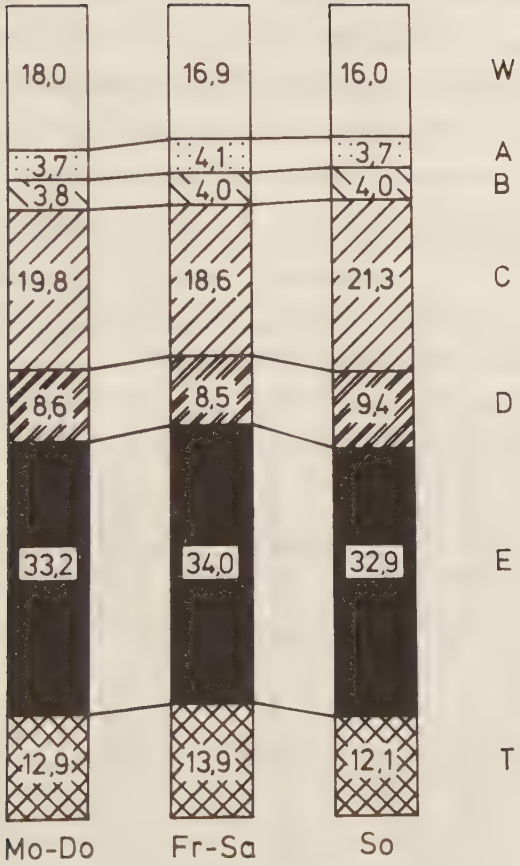

Abb. 6: Anteile der Stadien innerhalb der ersten Schlafperiode in Prozent. n = 47

Die zweite ultradiane Schlafperiode

In Tabelle 12 ist die Schlafstadiendauer innerhalb der zweiten Schlafperiode für die drei Serien zusammengestellt. Die zweite ultradiane Periode ist am Freitag/Samstag (Serie II) wie schon in der ersten Schlafperiode am kürzesten, jedoch sind die Unterschiede geringer. Die Stadien W, A und C und die Traumschlafdauer (T) sind in Serie II ebenfalls am kürzesten, die Stadien B, D und E am längsten.

Tab. 12: Schlafstadiendauer innerhalb der zweiten ultradianen Schlafperiode

Serie	St	N	$\bar{x}$	s	MFM	Vaco
I	W	47	1.71	7.02	1.02	4.09
	A	47	0.21	0.62	0.09	2.92
	B	47	0.85	1.25	0.18	1.47
	C	47	40.34	11.56	1.68	0.28
	D	47	14.12	5.25	0.76	0.37
	E	47	24.35	8.24	1.20	0.33
	T	47	29.18	8.39	1.22	0.28
	To	47	110.78	20.62	3.00	0.18
II	W	47	1.23	5.63	0.82	4.57
	A	47	0.13	0.40	0.05	3.11
	B	47	1.12	2.21	0.32	1.97
	C	47	36.26	12.93	1.88	0.35
	D	47	15.80	6.31	0.92	0.39
	E	47	25.11	12.04	1.75	0.47
	T	47	29.06	8.88	1.29	0.30
	To	47	108.73	19.57	2.85	0.18
III	W	47	3.26	17.25	2.51	4.76
	A	47	0.21	1.10	0.16	5.10
	B	47	0.98	1.96	0.28	1.98
	C	47	40.22	15.85	2.31	0.39
	D	47	13.65	9.19	1.34	0.67
	E	47	25.10	13.72	2.00	0.54
	T	47	30.91	10.35	1.51	0.33
	To	47	114.72	32.86	4.79	0.28

Tabelle 13 stellt die signifikanten Unterschiede innerhalb der zweiten Schlafperiode dar.

Beim Vergleich von Serie I und II ergeben sich signifikant längere Stadien C in Serie I und D in Serie II.

Der Vergleich von Serie I und III, sowie der Vergleich von Serie II und III liefert keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 13: Paarweiser t-Test für die Schlafstadiendauer innerhalb der zweiten Schlafperiode

Serie $\bar{x}$:$\bar{y}$	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
I : II	W	46	1.71	1.23	1.10	n.s.
	A	46	0.21	0.13	1.37	n.s.
	B	46	0.85	1.12	0.75	n.s.
	C	46	40.34	36.26	2.35	0.05
	D	46	14.12	15.80	1.75	0.05
	E	46	24.35	25.11	0.45	n.s.
	T	46	29.18	29.06	0.07	n.s.
	To	46	110.78	108.73	0.83	n.s.
I : III	W	46	1.71	3.62	0.72	n.s.
	A	46	0.21	0.21	0.01	n.s.
	B	46	0.85	0.98	0.45	n.s.
	C	46	40.34	40.22	0.04	n.s.
	D	46	14.12	13.65	0.35	n.s.
	E	46	24.35	25.10	0.38	n.s.
	T	46	29.18	30.91	1.12	n.s.
	To	46	110.78	114.72	0.72	n.s.
II : III	W	46	1.23	3.62	0.93	n.s.
	A	46	0.13	0.21	0.51	n.s.
	B	46	1.12	0.98	0.32	n.s.
	C	46	36.26	40.22	1.50	n.s.
	D	46	15.80	13.65	1.48	n.s.
	E	46	25.11	25.10	0.00	n.s.
	T	46	29.06	30.91	1.21	n.s.
	To	46	108.73	114.72	1.12	n.s.

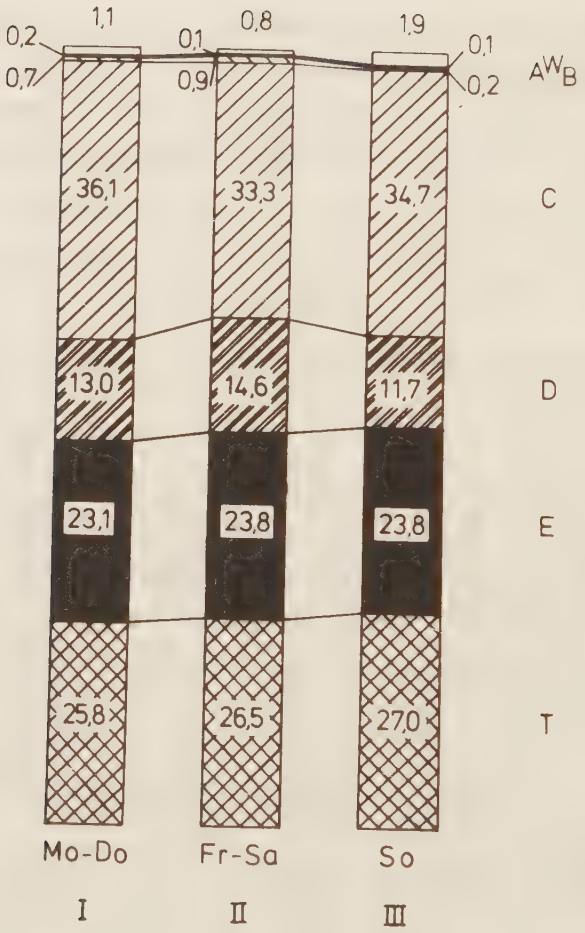

Abb. 7: Anteile der Stadien innerhalb der zweiten ultradianen Schlafperiode in Prozent. n = 47

Abbildung 7 zeigt die relativen Stadienanteile der drei Serien für die zweite Schlafperiode. Die Stadien W, A und C sind am Freitag/Samstag anteilig am kleinsten, Stadium B und D am größten. Stadium E ist in Serie I am geringsten und in Serie II und III gleich groß. Die Anteile des Traumschlafes (T) nehmen von Montag (25.8 Prozent) bis Freitag (26.5 Prozent) zu und sind am Sonntag mit 27.0 Prozent am größten.

Die dritte ultradiane Schlafperiode

Tabelle 14 zeigt die Schlafstadiendauer innerhalb der dritten Schlafperiode für die drei Serien.
Die dritte Schlafperiode ist in allen drei Serien etwa gleich lang (To: 109.69 min, 108.93 min, 108.78 min).
Die Wachdauer (W) und Stadium A sind in Serie III am kürzesten, Stadium B und C in Serie II. Das Stadium D ist in Serie II am längsten.

Tab. 14: Schlafstadiendauer innerhalb der dritten ultradianen Schlafperiode

Serie	St	N	$\bar{x}$	s	MFM	Vaco
I	W	47	2.22	6.76	0.98	3.03
	A	47	0.28	0.66	0.09	2.28
	B	47	1.46	1.59	0.23	1.08
	C	47	47.07	8.59	1.25	0.18
	D	47	12.19	6.03	0.88	0.49
	E	47	12.65	6.78	0.99	0.53
	T	47	33.77	7.99	1.16	0.23
	To	47	109.69	15.74	2.29	0.14
II	W	47	2.24	11.52	1.68	5.13
	A	47	0.13	0.41	0.06	3.03
	B	47	0.91	1.74	0.25	1.91
	C	47	44.01	12.82	1.87	0.29
	D	47	13.53	7.59	1.10	0.56
	E	47	13.33	7.28	1.06	0.54
	T	47	34.74	10.61	1.54	0.30
	To	47	108.93	17.25	2.51	0.15
III	W	47	0.91	4.63	0.67	5.06
	A	47	0.09	0.41	0.06	4.19
	B	47	1.58	3.07	0.44	1.94
	C	47	44.45	18.02	2.62	0.40
	D	47	11.91	10.56	1.54	0.88
	E	47	14.37	10.60	1.54	0.73
	T	47	35.43	16.02	2.33	0.45
	To	47	108.78	26.22	3.82	0.24

Signifikante Unterschiede (Tabelle 15) zeigen sich beim Vergleich von Serie I und II in der längeren Dauer von Stadium B und C in Serie I.

Der Vergleich von Serie I und Serie III ergibt eine kürzere Dauer von Stadium W und A in Serie III.

Der Vergleich der Serien II und III liefert keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 15: Paarweiser t-Test für die Schlafstadiendauer innerhalb der dritten ultradianen Periode

Serie $\bar{x}$:$\bar{y}$	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
I : II	W	46	2.22	2.24	0.02	n.s.
	A	46	0.28	0.13	1.38	n.s.
	B	46	1.46	0.91	1.79	0.05
	C	46	47.07	44.01	1.75	0.05
	D	46	12.19	13.53	1.15	n.s.
	E	46	12.65	13.33	0.55	n.s.
	T	46	33.77	34.74	0.74	n.s.
	To	46	109.69	108.93	0.37	n.s.
I : III	W	46	2.22	0.91	3.33	0.005
	A	46	0.28	0.09	2.42	0.05
	B	46	1.46	1.58	0.27	n.s.
	C	46	47.07	44.45	1.15	n.s.
	D	46	12.19	11.91	0.91	n.s.
	E	46	12.65	14.37	1.13	n.s.
	T	46	33.77	35.43	0.79	n.s.
	To	46	109.69	108.78	0.26	n.s.
II : III	W	46	2.24	0.91	1.30	n.s.
	A	46	0.13	0.09	0.42	n.s.
	B	46	0.91	1.58	1.53	n.s.
	C	46	44.01	44.45	0.18	n.s.
	D	46	13.53	11.91	0.88	n.s.
	E	46	13.33	14.37	0.65	n.s.
	T	46	34.74	35.43	0.30	n.s.
	To	46	108.93	108.78	0.04	n.s.

Abbildung 8 zeigt die relativen Stadienanteile der dritten Schlafperiode für die drei Serien. Die Wachdauer (W) und die Stadien A, B und C sind in Serie I am größten. Am Freitag/Samstag sind mittlerer Schlaf (D) und Traumschlafdauer (T) am größten. Der Tiefschlaf (E) ist am Werktag (Serie I) am geringsten, wird in Serie II anteilig größer und ist am Sonntag mit 13.4 Prozent am größten.

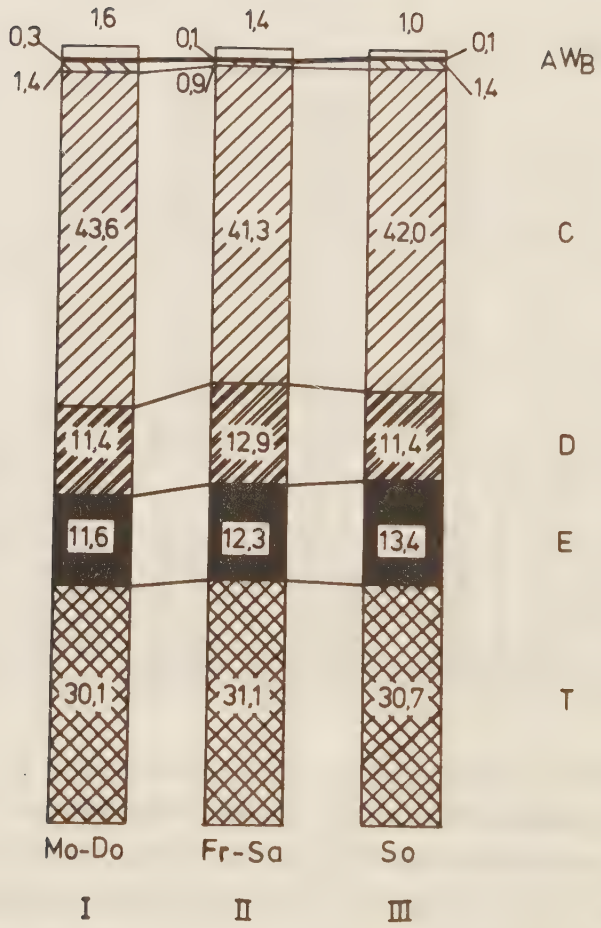

Abb. 8: Anteile der Stadien innerhalb der dritten Schlafperiode in Prozent. n = 47

Die vierte ultradiane Schlafperiode

Tab. 16: Schlafstadiendauer innerhalb der vierten ultradianen Schlafperiode

Serie	St	N	$\bar{x}$	s	MFM	Vaco
I	W	47	2.45	5.03	0.73	2.04
	A	47	0.41	0.96	0.14	2.32
	B	47	1.83	1.95	0.28	1.06
	C	47	35.97	9.31	1.35	0.25
	D	47	7.99	3.56	0.52	0.44
	E	47	7.06	4.52	0.66	0.64
	T	47	27.56	10.99	1.60	0.39
	To	47	83.30	19.18	2.79	0.23
II	W	47	2.30	6.46	0.94	2.80
	A	47	0.34	1.31	0.19	3.78
	B	47	1.38	1.94	0.28	1.40
	C	47	37.42	11.36	1.65	0.30
	D	47	9.68	4.65	0.67	0.48
	E	47	8.28	5.44	0.79	0.65
	T	47	33.12	12.30	1.79	0.37
	To	47	92.55	20.27	2.95	0.21
III	W	46	3.26	12.34	1.82	3.78
	A	46	0.18	0.70	0.10	3.73
	B	46	2.14	7.17	1.05	3.34
	C	46	33.94	14.47	2.13	0.42
	D	46	7.47	7.05	1.04	0.94
	E	46	7.13	8.04	1.18	1.12
	T	46	25.91	15.44	2.27	0.59
	To	46	80.05	26.62	3.92	0.33

Tabelle 16 zeigt die Mittelwerte der Stadiendauer innerhalb der vierten Schlafperiode für die drei Serien. Die Stadien W und B sind in Serie II am geringsten. Stadium A ist in Serie III am kürzesten. Die Stadien C, D und E und die Traumschlafdauer (T) sind in Serie II am längsten.

Am Sonntag hatte eine Vpn die vierte Schlafperiode nicht erreicht, d.h. nur drei Perioden geschlafen.

Statistisch signifikante Unterschiede (Tabelle 17) ergeben sich nur für die längere Dauer von D, T und To in Serie II gegenüber den Serien I und III.

Tab. 17: Paarweiser t-Test für die Schlafstadiendauer innerhalb der vierten Schlafperiode

Serie $\bar{x}:\bar{y}$	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
I : II	W	46	2.45	2.30	0.21	n.s.
	A	46	0.41	0.34	0.36	n.s.
	B	46	1.83	1.38	1.20	n.s.
	C	46	35.97	37.42	0.85	n.s.
	D	46	7.99	9.68	2.41	0.05
	E	46	7.06	8.28	1.27	n.s.
	T	46	27.56	33.12	3.32	0.005
	To	46	83.30	92.55	3.47	0.005
I : III	W	45	2.03	3.26	0.72	n.s.
	A	45	0.42	0.18	1.65	n.s.
	B	45	1.76	2.14	0.33	n.s.
	C	45	36.05	33.94	0.89	n.s.
	D	45	7.99	7.47	0.49	n.s.
	E	45	7.15	7.13	0.01	n.s.
	T	45	27.73	25.91	0.94	n.s.
	To	45	83.16	80.05	0.75	n.s.
II : III	W	45	1.50	3.26	1.23	n.s.
	A	45	0.35	0.18	1.17	n.s.
	B	45	1.23	2.14	0.90	n.s.
	C	45	37.70	33.94	1.45	n.s.
	D	45	9.75	7.47	1.83	0.05
	E	45	8.30	7.13	0.91	n.s.
	T	45	32.91	25.91	2.83	0.05
	To	45	91.76	80.05	2.64	0.05

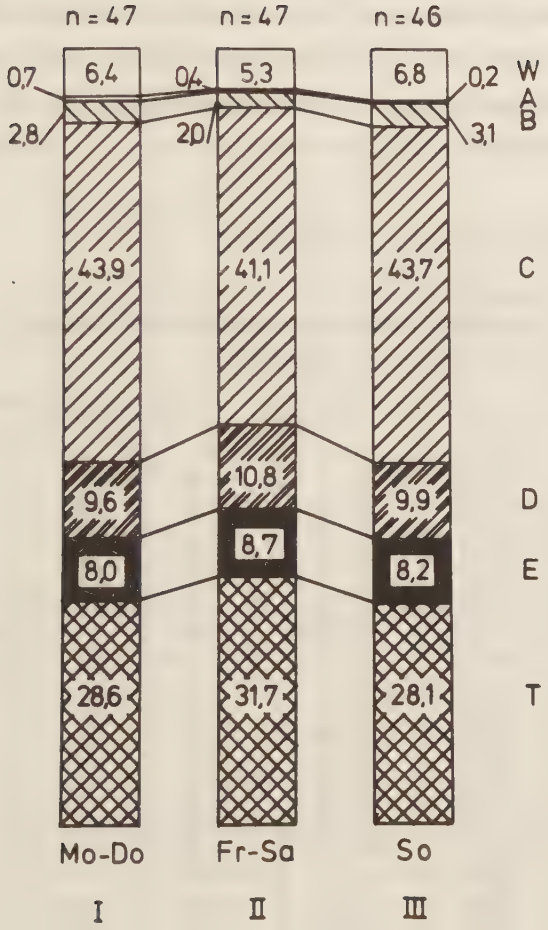

Abb. 9: Anteile der Stadien innerhalb der vierten Schlafperiode in Prozent.

Abbildung 9 zeigt die prozentualen Stadienanteile der drei Serien in der vierten ultradianen Schlafperiode. Wie bei den Mittelwerten (Tab.16) sind die Stadien W und B anteilig in Serie II am geringsten, jedoch auch Stadium C. Die Stadien D, E und der Traumschlaf (T) sind in Serie II am größten.

Die fünfte ultradiane Schlafperiode

Tab. 18: Schlafstadiendauer innerhalb der fünften ultradianen Schlafperiode

Serie	St	N	$\bar{x}$	s	MFM	Vaco
I	W	47	2.72	2.84	0.42	1.04
	A	47	0.36	1.12	0.16	3.06
	B	47	1.52	1.73	0.25	1.13
	C	47	21.93	11.07	1.61	0.50
	D	47	4.03	3.54	0.51	0.87
	E	47	3.14	3.27	0.47	1.03
	T	47	10.03	10.27	1.49	1.02
	To	47	43.77	24.27	3.54	0.55
II	W	47	2.31	5.37	0.78	2.32
	A	47	0.29	0.93	0.13	3.16
	B	47	1.38	2.01	0.29	1.45
	C	47	23.43	12.99	1.89	0.55
	D	47	5.89	5.99	0.87	1.01
	E	47	3.90	5.56	0.81	1.42
	T	47	12.10	11.87	1.73	0.98
	To	47	49.34	26.52	3.86	0.53
III	W	40	1.86	3.58	0.56	1.91
	A	40	0.23	0.70	0.11	3.03
	B	40	1.24	2.43	0.38	1.95
	C	40	23.91	14.31	2.26	0.59
	D	40	4.64	6.04	0.95	1.30
	E	40	2.89	5.35	0.84	1.85
	T	40	11.57	15.15	2.39	1.30
	To	40	46.37	28.46	4.50	0.61

Tabelle 18 zeigt die Stadiendauer innerhalb der fünften Schlafperiode für die drei Serien. Die Stadien W, A, B und E sind in Serie III am geringsten, C und D in Serie I. Der Traumschlaf (T) und die Gesamtdauer der fünften Schlafperiode (To) sind in Serie II am größten. Am Sonntag haben sechs Personen nur vier Schlafperioden geschlafen.

Signifikante Unterschiede (Tabelle 19) sind die längere

Tab. 19: Paarweiser t-Test für die Schlafstadiendauer innerhalb der fünften Schlafperiode

Serie x:y	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
I : II	W	46	2.72	2.31	0.51	n.s.
	A	46	0.36	0.29	0.33	n.s.
	B	46	1.52	1.38	0.38	n.s.
	C	46	21.93	23.43	0.94	n.s.
	D	46	4.03	5.98	2.30	0.05
	E	46	3.14	3.90	1.01	n.s.
	T	46	10.03	12.10	1.58	n.s.
	To	46	43.77	49.34	2.07	0.05
I : III	W	39	2.57	1.86	0.96	n.s.
	A	39	0.42	0.23	0.93	n.s.
	B	39	1.53	1.24	0.69	n.s.
	C	39	23.79	23.91	0.05	n.s.
	D	39	4.27	4.64	0.42	n.s.
	E	39	3.38	2.89	0.55	n.s.
	T	39	11.36	11.57	0.11	n.s.
	To	39	47.36	46.37	0.24	n.s.
II : III	W	39	1.54	1.86	0.48	n.s.
	A	39	0.22	0.23	0.08	n.s.
	B	39	1.35	1.24	0.22	n.s.
	C	39	24.72	23.91	0.36	n.s.
	D	39	6.53	4.64	1.96	0.05
	E	39	3.98	2.89	0.87	n.s.
	T	39	13.48	11.57	0.80	n.s.
	To	39	51.84	46.37	1.56	n.s.

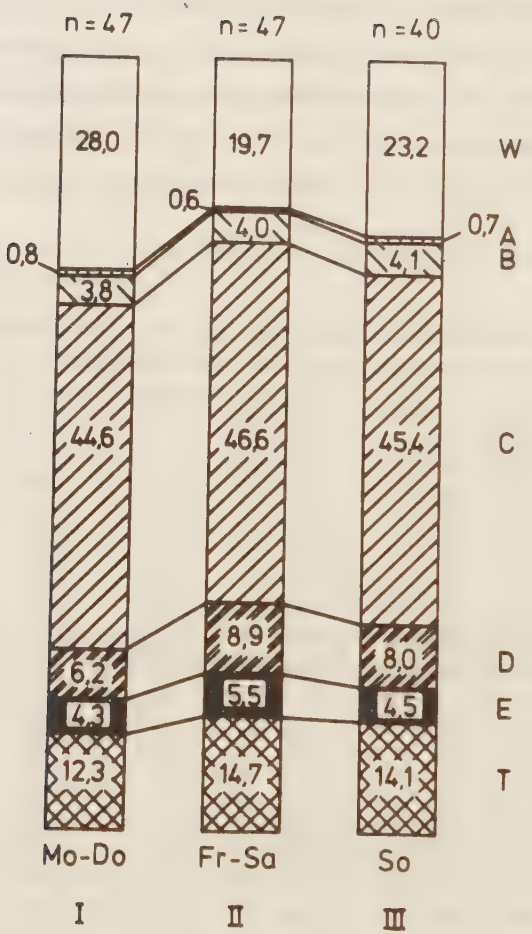

Abb. 10: Anteile der Stadien innerhalb der fünften Schlafperiode in Prozent.

Dauer von Stadium D in Serie II gegenüber Serie I und Serie III und die längere Periodendauer (To) am Freitag/ Samstag gegenüber dem Werktag. Der Vergleich von Serie I und Serie III ergibt keine signifikanten Unterschiede.

Abbildung 10 stellt die prozentualen Stadienanteile der fünften Schlafperiode dar. Hier ergeben sich entgegen Tab.18 eine kürzere Wachdauer (W) und eine kürzere Dauer von Stadium A in Serie II. Das Stadium B ist in Serie I am geringsten. Die Stadien C, D, E und der Traumschlaf (T) sind in Serie II anteilig am größten.

4.) Vergleich der einzelnen Wochentage untereinander

Bisher wurden alle Ergebnisse nach der Zusammenfassung der Wochentage in drei Serien vorgestellt. Dabei wurden signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Serien gefunden. Diese Zusammenfassung ist jedoch nur sinnvoll, wenn die Werte für die einzelnen Wochentage innerhalb einer Serie nicht zu stark verschieden sind.
Im folgenden wurde die Schlafstadiendauer für die einzelnen Wochentage miteinander verglichen. In den Abbildungen 11-18 sind die Mittelwerte der Wachdauer (W), der Stadiendauer A-E, des Traumschlafes (T) und der Gesamtschlafdauer (To) mit der jeweiligen Streuung aufgetragen.

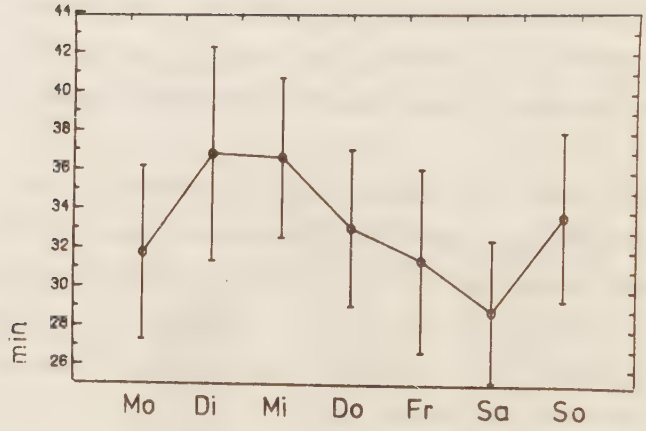

Abb. 11: Wachdauer (W) an den einzelnen Tagen.

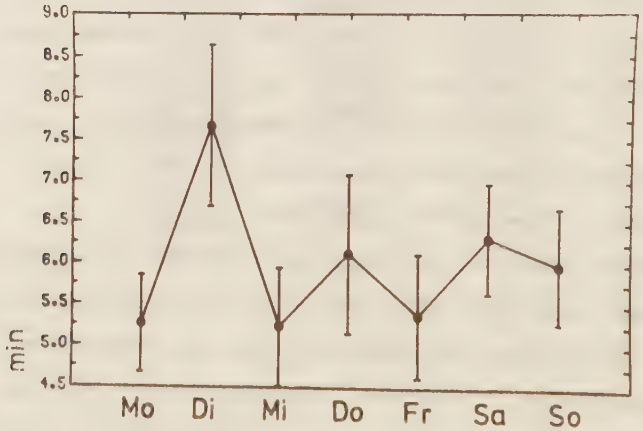

Abb. 12: Dauer des Stadiums A an den 7 Wochentagen.

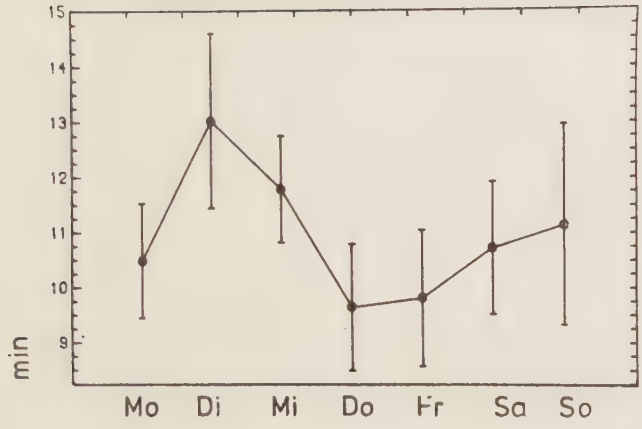

Abb. 13: Dauer des Stadiums B an den einzelnen Tagen.

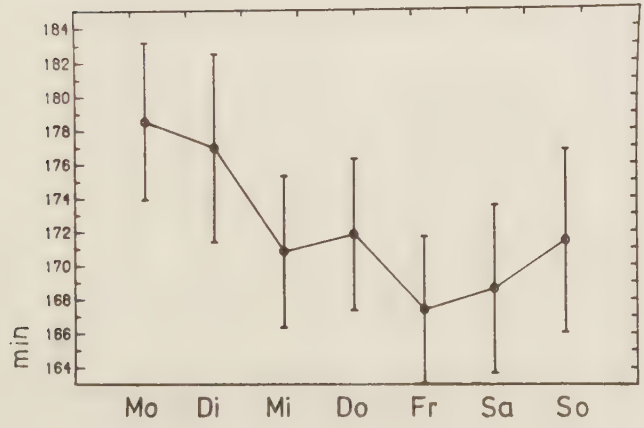

Abb. 14: Dauer des Stadiums C der Nächte Montag bis Sonntag.

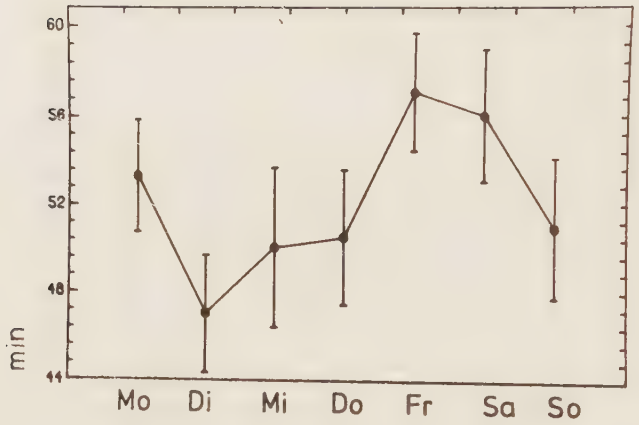

Abb. 15: Dauer des Stadiums D der sieben Wochentage.

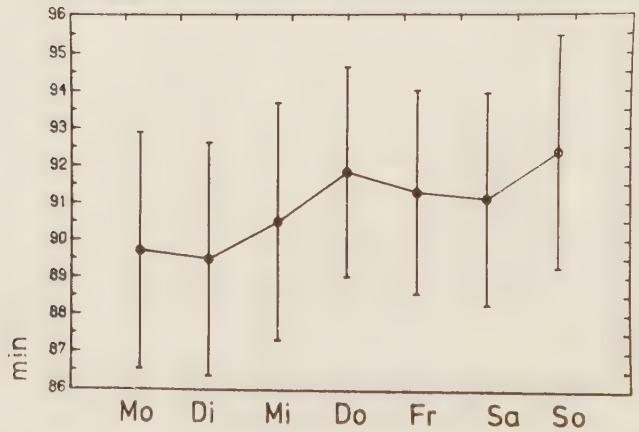

Abb. 16: Dauer des Stadiums E an den verschiedenen Wochentagen.

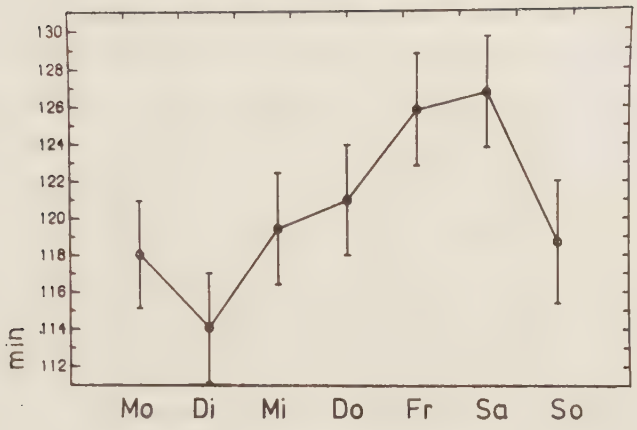

Abb. 17: Dauer des Traumschlafes (T) an den sieben Wochentagen.

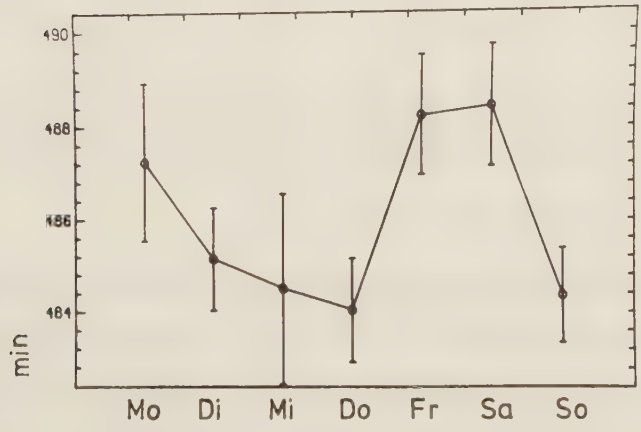

Abb. 18: Die Gesamtschlafdauer (To) der einzelnen Tage.

Die Wachdauer (W) (Abb.11) ist maximal am Dienstag und Mittwoch, nimmt zum Ende der Woche ab und erreicht am Samstag ein Minimum. Das Stadium A (Abb.12) hat ein ausgeprägtes Maximum am Dienstag und an den anderen Tagen einen vergleichbaren Wert. Die Schlafstadiendauer B (Abb.13) ist ebenfalls am Dienstag und Mittwoch größer als an den übrigen Tagen. Die Dauer von Stadium C (Abb.14) hat vom Anfang der Woche bis zum Ende eine leicht fallende Tendenz. Die Stadiendauer des mittleren Schlafes (D) (Abb.15)ist am Dienstag minimal und erreicht am Freitag und Samstag ein Maximum. Für das Stadium E (Abb.16) sind im Rahmen der Genauigkeit keine Unterschiede an den Tagen Montag-Sonntag festzustellen. Der Traumschlaf (T) (Abb.17) ist am Dienstag minimal, steigt im Laufe der Woche leicht an und erreicht Freitag/Samstag ein Maximum. Die Gesamtschlafdauer (To) (Abb.18) hat ebenfalls am Freitag und Samstag ein Maximum.

Zusätzlich wurde der paarweise t-Test für die Tage Montag bis Donnerstag im Vergleich zu Freitag, Samstag und Sonntag durchgeführt (Tabelle 20-25).

Tabelle 20 zeigt den Vergleich von Montag mit den Tagen Freitag, Samstag und Sonntag. Hier sind am Freitag die kürzere Dauer von C und die längere Dauer des Traumschlafes (T) signifikant unterschiedlich. Der Vergleich von Montag und Samstag erbringt für die längere Dauer des Traumschlafes (T) eine Signifikanz. Zwischen Montag und Sonntag ist die längere

Tab. 20: Vergleich der Schlafstadiendauer der Montagnacht (Mo) mit den Nächten Freitag (Fr), Samstag (Sa) und Sonntag (So).

Tage x:y	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
Mo : Fr	W	45	31.88	31.63	0.06	n.s.
	A	45	5.26	5.10	0.20	n.s.
	B	45	10.49	9.91	0.37	n.s.
	C	45	178.57	167.44	2.14	0.05
	D	45	53.29	57.39	1.26	n.s.
	E	45	89.71	91.30	0.48	n.s.
	T	45	118.04	125.23	2.08	0.05
	To	45	487.25	488.03	0.37	n.s.
Mo : Sa	W	45	31.88	28.34	1.07	n.s.
	A	45	5.26	6.16	1.16	n.s.
	B	45	10.49	10.55	0.04	n.s.
	C	45	178.57	169.21	1.65	n.s.
	D	45	53.29	56.72	0.97	n.s.
	E	45	89.71	91.10	0.40	n.s.
	T	45	118.04	126.17	2.00	0.05
	To	45	487.25	488.28	0.63	n.s.
Mo : So	W	45	31.88	33.41	0.34	n.s.
	A	45	5.26	5.98	0.89	n.s.
	B	45	10.49	11.22	0.43	n.s.
	C	45	178.57	171.53	1.25	n.s.
	D	45	53.29	51.35	0.62	n.s.
	E	45	89.71	93.08	0.88	n.s.
	T	45	118.04	117.85	0.04	n.s.
	To	45	487.25	484.44	1.87	0.05

Gesamtschlafdauer (To) am Montag signifikant unterschiedlich.

Tab. 21: Vergleich der Schlafstadiendauer der Dienstagnacht (Di) mit den Nächten Freitag, Samstag und Sonntag.

Tage $\bar{x}$:$\bar{y}$	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
Di : So	W	45	36.92	30.43	1.66	n.s.
	A	45	7.66	5.40	1.88	0.05
	B	45	13.02	9.46	1.81	0.05
	C	45	176.97	168.51	1.65	n.s.
	D	45	47.00	56.83	3.00	0.005
	E	45	89.47	91.45	0.57	n.s.
	T	45	114.07	126.12	3.09	0.005
	To	45	485.14	488.23	2.02	0.05
Di : Sa	W	45	36.92	28.12	1.77	0.05
	A	45	7.66	6.01	1.40	n.s.
	B	45	13.02	10.45	1.40	n.s.
	C	45	176.97	169.90	1.21	n.s.
	D	45	47.00	55.22	2.31	0.05
	E	45	89.47	91.88	0.73	n.s.
	T	45	114.07	127.28	3.96	0.005
	To	45	485.14	488.88	3.03	0.005
Di : Fr	W	45	36.92	31.76	1.08	n.s.
	A	45	7.66	6.11	1.22	n.s.
	B	45	13.02	11.17	0.80	n.s.
	C	45	176.97	170.53	1.19	n.s.
	D	45	47.00	51.03	1.37	n.s.
	E	45	89.47	93.68	1.26	n.s.
	T	45	114.07	120.22	1.78	0.05
	To	45	485.14	484.53	0.51	n.s.

Tabelle 21 zeigt den paarweisen t-Test für Dienstag gegen Freitag, Samstag und Sonntag. Hier sind freitags die kürzere Dauer der Stadien A und B und die längere Dauer von Stadium D, des Traumschlafes (T) und der Gesamtschlafdauer (To) gegenüber dienstags signifikant unterschiedlich. Zwischen Dienstag und Samstag sind die kürzere Dauer des Wachseins (W) und die längere Dauer des Stadiums D, des Traumschlafes (T) und der Gesamtschlafdauer (To) signifikant unterschiedlich. Der Vergleich von Dienstag und Sonntag erbringt die signifi-

kant längere Dauer des Traumschlafes (T) in der Sonntagnacht.

Tab. 22: Vergleich der Schlafstadiendauer der Mittwochnacht (Mi) mit den Nächten Freitag, Samstag und Sonntag

Tage x:y	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
Mi : Fr	W	46	36.74	31.49	1.30	n.s.
	A	46	5.22	5.36	0.20	n.s.
	B	46	11.78	9.80	1.56	n.s.
	C	46	169.50	167.36	0.42	n.s.
	D	46	50.03	57.09	2.36	0.05
	E	46	90.54	91.28	0.20	n.s.
	T	46	119.35	125.83	1.73	n.s.
	To	46	483.19	488.24	2.21	n.s.
Mi : Sa	W	46	36.74	28.67	1.95	0.05
	A	46	5.22	6.26	1.30	n.s.
	B	46	11.78	10.78	0.85	n.s.
	C	46	169.50	168.61	0.15	n.s.
	D	46	50.03	56.33	1.81	0.05
	E	46	90.54	91.07	0.13	n.s.
	T	46	119.35	126.81	2.24	0.05
	To	46	483.19	488.54	2.42	0.05
Mi : So	W	46	36.74	33.66	0.68	n.s.
	A	46	5.22	5.98	1.03	n.s.
	B	46	11.78	11.13	0.33	n.s.
	C	46	169.50	171.43	0.31	n.s.
	D	46	50.03	50.77	0.17	n.s.
	E	46	90.54	92.75	0.53	n.s.
	T	46	119.35	118.72	0.17	n.s.
	To	46	483.19	484.47	0.54	n.s.

Tabelle 22 vergleicht die Mittwochnacht mit den Nächten Freitag, Samstag und Sonntag. Zwischen Mittwoch und Freitag sind die längere Dauer von Stadium D und die längere Gesamtschlafdauer (To) am Freitag signifikant unterschiedlich.

Der Vergleich von Mittwoch und Samstag zeigt samstags eine signifikant kürzere Wachdauer (W) und längere Dauer des Stadiums D, des Traumschlafes (T) und der Gesamtschlafdauer (To). Zwischen Mittwoch und Sonntag gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 23: Vergleich der Schlafstadiendauer der Donnerstagnacht (Do) mit den Nächten Freitag, Samstag und Sonntag.

Tage x:y	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
Do : Fr	W	46	33.28	31.49	0.42	n.s.
	A	46	6.10	5.36	0.76	n.s.
	B	46	9.56	9.80	0.14	n.s.
	C	46	171.96	167.36	0.96	n.s.
	D	46	50.45	57.09	1.97	0.05
	E	46	91.45	91.28	0.05	n.s.
	T	46	121.04	125.83	1.37	n.s.
	To	46	483.86	488.24	3.38	0.005
Do : Sa	W	46	33.28	28.67	1.41	n.s.
	A	46	6.10	6.26	0.14	n.s.
	B	46	9.56	10.78	0.87	n.s.
	C	46	171.96	168.61	0.63	n.s.
	D	46	50.45	56.33	1.45	n.s.
	E	46	91.45	91.07	0.14	n.s.
	T	46	121.04	126.81	1.48	n.s.
	To	46	483.86	488.54	4.02	0.005
Do : So	W	46	33.28	33.66	0.09	n.s.
	A	46	6.10	5.98	0.13	n.s.
	B	46	9.56	11.13	0.83	n.s.
	C	46	171.96	171.43	0.08	n.s.
	D	46	50.45	50.77	0.09	n.s.
	E	46	91.45	92.75	0.35	n.s.
	T	46	121.04	118.72	0.60	n.s.
	To	46	483.86	484.47	0.56	n.s.

Tabelle 23 vergleicht die Stadiendauer der Donnerstagnacht mit den Nächten Freitag, Samstag und Sonntag. Zwischen Donnerstag und Freitag sind die längere Dauer des Stadiums D und die längere Gesamtschlafdauer (To) am Freitag signifikant. Zwischen Donnerstag und Samstag ist die Gesamtschlafdauer (To) samstags signifikant länger. Der Vergleich von Donnerstag und Sonntag ergibt keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 24: Vergleich der Schlafstadiendauer der Freitagnacht mit den Nächten Samstag und Sonntag.

Tage $\bar{x}$:$\bar{y}$	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
Fr : So	W	46	31.49	28.67	0.89	n.s.
	A	46	5.36	6.26	0.98	n.s.
	B	46	9.80	10.78	0.67	n.s.
	C	46	167.36	168.61	0.30	n.s.
	D	46	57.09	56.33	0.25	n.s.
	E	46	91.28	91.07	0.06	n.s.
	T	46	125.83	126.81	0.29	n.s.
	To	46	488.24	488.54	0.26	n.s.
Fr : Sa	W	46	31.49	33.66	0.66	n.s.
	A	46	5.36	5.98	0.77	n.s.
	B	46	9.80	11.13	0.65	n.s.
	C	46	167.36	171.43	0.77	n.s.
	D	46	57.09	50.77	1.90	0.05
	E	46	91.28	92.75	0.44	n.s.
	T	46	125.83	118.72	1.94	0.05
	To	46	488.24	484.47	2.82	0.05

Tabelle 24 vergleicht den Freitag mit Samstag und Sonntag. Zwischen Freitag und Samstag gibt es keine signifikanten Unterschiede. Zwischen Freitag und Sonntag sind die längere Dauer des Stadiums D, des Traumschlafes (T) und die längere Gesamtschlafdauer (To) am Freitag signifikant.

Tab. 25: Vergleich der Schlafstadiendauer der Samstagnacht mit der Sonntagnacht

Tage $\bar{x}$:$\bar{y}$	St	F	$\bar{x}$	$\bar{y}$	t	p<
Sa . So	W	46	28.67	33.66	1.45	n.s.
	A	46	6.26	5.98	0.33	n.s.
	B	46	10.78	11.13	0.20	n.s.
	C	46	168.61	171.43	0.48	n.s.
	D	46	56.33	50.77	1.33	n.s.
	E	46	91.07	92.75	0.50	n.s.
	T	46	126.81	118.72	2.20	0.05
	To	46	488.54	484.47	3.92	0.005

In Tabelle 25 wird die Samstagnacht mit der Sonntagnacht verglichen. Hier sind die längere Dauer des Traumschlafes (T) und die längere Gesamtschlafdauer (To) am Samstag signifikant unterschiedlich.

C) DISKUSSION

Der Ausgangspunkt dieser Arbeit war die Fragestellung, ob die neurophysiologischen (d.h. polygraphisch registrierten) Schlafparameter des Menschen an den Tagen einer Kalenderwoche einen infradianen - circaseptanen - Rhythmus aufweisen. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß bedeutende, statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Schlafstadien und Schlafperioden am Werktag und am Wochenende existieren. Die deutlichsten Veränderungen treten zwischen den Nächten Freitag auf Samstag und Samstag auf Sonntag einerseits und den übrigen Nächten andererseits auf. Dies wurde sowohl bei der Zusammenfassung der Daten in drei Serien, als auch bei einem Vergleich der einzelnen Tage untereinander gefunden.

Die Analyse der Dauer der Schlafstadien und der Wachdauer (W) für eine ganze Nacht ergab, daß W am Freitag/Samstag (Serie II) gegenüber Serie I (Montag bis Donnerstag) und Serie III (Sonntag) kürzer ist. Die Stadien A und B sind am Wochenende vergleichbar mit den übrigen Tagen. Zwar ergibt sich in Serie II eine signifikant verkürzte Dauer von Stadium A im zweiten Drittel und von Stadium B in der dritten Schlafperiode, was jedoch auf einen überdurchschnittlichen Anteil des Stadiums A, bzw. des Stadiums B, am Dienstag (s. Abb.11 und 12), also in Serie I, zurückzuführen ist.

Das Stadium C, der leichte Schlaf, ist am Wochenende (Serie II) deutlich kürzer. Die Dauer des mittleren Schlafes (D), die des Tiefschlafes (E) und die Traumphasendauer (T) sind dagegen in Serie II erheblich länger.

Nach der Einteilung in Nachtdrittel ergab sich, daß diese Unterschiede im wesentlichen gleichmäßig innerhalb der Nacht gültig sind. Natürlich muß das Verhältnis Gesamtschlafdauer (To) in den einzelnen Nachtdritteln der verschiedenen Serien genau das gleiche sein wie das der Gesamtschlafdauer für die ganze Nacht. Aber auch die Dauer der Schlafstadien und des Wachseins (W) weisen im wesentlichen die gleichen Unterschiede wie beim Vergleich für die gesamte Nacht auf. Dies zeigt, daß die Unterschiede im polygraphisch gemessenen Schlafverhalten an den verschiedenen Wochentagen gleichmäßig in allen Dritteln zu beobachten sind. Die statistische Signifikanz ist jedoch in einigen Fällen geringer, was zum Teil daran liegt, daß bei Einteilung in drei Teile der Umfang des statistischen Materials pro Drittel der Nacht geringer ist.

Beim Vergleich der Schlafstadien in den ultradianen Schlafperioden wurde gefunden, daß in Serie II (Freitag/Samstag) die relative Traumschlafdauer (T) und die Dauer des mittleren Schlafes (D) immer am längsten sind. Die erste ultradiane Schlafperiode ist wesentlich kürzer als an den übrigen Tagen. Dies deutet darauf hin, daß die Phase des ersten Tiefschlafes schneller erreicht wird. Die Abbildungen, in

denen die relative Stadiendauer aufgezeichnet ist, zeigen, daß die relative Traumphasendauer (T) in allen Schlafperioden in Serie II größer ist als in Serie I, und bis auf Periode II auch größer als in Serie III. Die relative Tiefschlafdauer (E) ist in Serie II ebenfalls immer größer als in Serie I. Bis auf Schlafperiode I ist die relative Tiefschlafdauer (E) in Serie III immer größer als in Serie I, aber nur in Periode III größer als in Serie II. Bis auf Periode I ist der mittlere Schlaf (D) in den Nächten Freitag und Samstag gegenüber Serie I (Montag bis Donnerstag) und Serie III (Sonntag) prozentual immer am längsten. Der leichte Schlaf C ist in Serie II in den ersten vier ultradianen Schlafperioden am kleinsten, in Periode V jedoch größer als in Serie I und III.

Während die Nächte Freitag auf Samstag und Samstag auf Sonntag sich deutlich von den Werktagen unterscheiden, ist die Sonntagnacht eher mit den Werktagen Montag bis Donnerstag als mit Freitag und Samstag zu vergleichen. Zwar zeigen sich einige Unterschiede, doch rechtfertigen sie insgesamt gesehen kaum eine Sonderstellung des Sonntags.

Die hier gewonnenen Ergebnisse, die auf Beobachtungen unter gleichen Versuchsbedingungen beruhen, unterscheiden sich von den Untersuchungen von Lippold (1972). Dieser erhielt durch Umfragen bei Testgruppen verschiedener sozialer Her-

kunft Daten über die Schlafdauer an den einzelnen Wochentagen. Solche Umfrageergebnisse reflektieren natürlich die veränderten Schlafgewohnheiten am Wochenende wie z.B. späteres zu Bett gehen und Aufstehen, erhöhter Alkoholgenuß und anderes. So untersuchten Hellbrügge et al. (1960) die Schlafgewohnheiten von arbeitenden Jugendlichen. Hierbei stellte sich heraus, daß an Abenden vor einem arbeitsfreien Tag sehr viel später zu Bett gegangen wurde, und daß am arbeitsfreien Tag teilweise bis zum Mittag geschlafen wurde.

Da es nicht möglich ist, unsere Resultate mit denen anderer Autoren zu vergleichen, sind wir darauf angewiesen, eigene Interpretationen vorzunehmen.

Während sich für die Stadiendauer A und B keine Unterschiede in den einzelnen Serien ergeben, fällt die prozentuale Verkürzung von Stadium C am Freitag und Samstag (Serie II) auf, und zwar sowohl für die ganze Nacht (Abb.2) betrachtet, als auch in den ersten vier ultradianen Schlafperioden (Abb.6-9). Es ist bekannt, daß in diesem Stadium des leichten Schlafes (C) das Gehirn auf externe Reize reagiert. Diese Reize können entweder dazu führen, daß der Schlafende erwacht, oder sie lassen sich im EEG als sogenannte K-Komplexe registrieren. Diese K-Komplexe werden als eine Art Schutzfunktion des Gehirns gegenüber äußeren Reizen gedeutet (Loomis et al., 1938). Die Entscheidung darüber ob ein äußerer Reiz - mit Ausnahme von sehr starken - den Schlafenden aufwachen läßt oder ob

er durch einen K-Komplex abgeschirmt wird, hängt offensichtlich davon ab, welche Bedeutung das Gehirn dem Reiz zumißt. Eine Mutter schläft zum Beispiel auch dann, wenn es stark donnert, erwacht aber bei einem leisen Geräusch ihres Kindes (Jovanović 1974).
Die Tatsache, daß die Dauer des leichten Schlafes (C) in den Nächten Freitag und Samstag reduziert ist, könnte bedeuten, daß der Schläfer unbewußt den Anteil des Schlafes, in dem er wachsam gegenüber Reizen ist, verringert. Nimmt man also diese Schlafstadiendauer C als ein Maß für die "Sorglosigkeit" des Schlafes, so heißt das, daß die Probanden vor einem arbeitsfreien Tag sorgloser schlafen. Andererseits verkürzt sich dieses Stadium zu Gunsten der Stadien E und T.

Bei Versuchen mit künstlichem Schlafentzug zeigte sich, daß die Versuchspersonen zunächst mit einer Erhöhung der Schlafstadiendauer E und des Traumschlafes T reagieren. Jovanović et al. (1971) beschreiben, daß eine 28-jährige Vp nach 114 Stunden Schlafentzug die ersten Schlafstunden fast nur im Tiefschlaf (E) und im Traumschlaf (T) verbrachte. Die anderen Stadien waren verschwindend gering. Erst nach mehreren Stunden normalisierte sich das Schlafprofil der Vp.
Die in der vorliegenden Arbeit gefundene Erhöhung der Tiefschlafdauer (E) und der Traumschlafdauer (T) könnte daher auf einen Schlafnachholbedarf nach der Arbeitswoche schließen lassen. Andererseits jedoch ist in den Nächten Freitag und Samstag nicht nur der Tiefschlaf und der REM-Schlaf er-

höht, sondern auch die Dauer des mittleren Schlafes (D) signifikant länger und die Wachdauer (W) kürzer.
Bei polygraphischen Untersuchungen an Gesunden, Neurotikern und Depressiven stellte sich heraus, daß ungewohnte Schlafsituationen und Störungen des Nachtschlafes zu einer Verminderung des Schlafstadiums E (Tiefschlaf) und des Traumschlafes (T) und zu einer Erhöhung der Wachdauer (W) führen (Jovanović 1976a).
Aufgrund all dieser Befunde kommt man zu dem Schluß, daß es sich hier weniger um einen Schlafnachholbedarf handeln kann, als vielmehr um eine bessere Qualität des Schlafes am Freitag und Samstag im Vergleich zu den übrigen Wochentagen.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kann auf eine circaseptane Periodik im Schlafverhalten des Menschen geschlossen werden. Diese Periodik ist mit aller Wahrscheinlichkeit neben einer Bindung an die biologische Rhythmik auch an den psychosozialen Zeitgeber der Arbeit-Freizeit-Einteilung gekoppelt. Es ist auch nach diesen Ergebnissen die Frage noch nicht geklärt worden, inwieweit es sich um einen direkten kausalen Zusammenhang mit der endogenen Steuerung dieses Rhythmus handelt und in welchem Ausmaß die sozialen Faktoren eine Rolle spielen.
Diese Frage ist umso schwerer zu beantworten, als die Versuchspersonen keine ganz einheitliche soziale Herkunft hatten. Die Vpn stammten zwar überdurchschnittlich aus der

Reihe der Studenten, bei denen im allgemeinen kein streng geregelter Arbeits- und Freizeitrhythmus vorausgesetzt werden kann, doch waren auch andere soziale Schichten vertreten.
Es ist nicht auszuschließen, daß gesellschaftliche Gewohnheiten eine Rolle spielen. Schließlich entspricht die Einteilung der Tage in Wochen einer lange geübten gesellschaftlichen Praxis. Diese Zeiteinteilung ist schon im zweiten Jahrhundert v. Chr. von den Babyloniern und Juden überliefert und verbreitete sich mit den Juden im römischen Reich. Sie ist die natürliche Zeiteinteilung als Viertel des Mondumlaufes um die Erde, des synodischen Mondmonats.

Die Phasenverschiebung zwischen Schlafverhalten und Einteilung der Woche in Werktage und Wochenende deutet darauf hin, daß für den Schlaf weniger der vorangegangene Tag, als das psychische Moment der Erwartung eines arbeitsfreien Tages eine Rolle zu spielen scheint. In diesem Zusammenhang ist auch zu sehen, daß die Sonntagnacht eher mit den Werktagen Montag bis Donnerstag zu vergleichen ist, als mit Freitag und Samstag. Um dieses arbeitsphysiologisch interessante Ergebnis näher zu untersuchen, müßte man jedoch differenzieren zwischen physischer und psychischer Belastung aufgrund unterschiedlicher Tätigkeit der Probanden. Ferner sind Vergleiche mit Vpn aus Berufsgruppen denkbar, die regelmäßig am Samstag arbeiten.

Die Phasenverschiebung ist neben dem Nachweis der circaseptanen Periodik im physiologischen Schlafverhalten das wichtigste Ergebnis dieser Arbeit. Sie läßt schließen, daß die Ursachen für das unterschiedliche Schlafverhalten mehr psychischer als physischer Natur sind.

Es ist grundsätzlich schwierig, aus objektiven Daten über Schlafqualität und auch Schlafquantität eine Bewertung des Schlafes durchzuführen. Die Beantwortung der Frage, ob man gut oder schlecht geschlafen hat, ist subjektiv. Schlafbedürfnis und Erholung im Schlaf sind individuell verschieden und es gibt daher kein eindeutiges, objektives Kriterium für einen guten Schlaf. Aus den oben erwähnten Untersuchungen über Schlafstörungen ist bekannt, wie sich die Parameter bei schlechtem Schlaf verhalten. Umgekehrt wird man daher vermuten können, daß z.B. eine längere Traumschlafdauer und eine längere Tiefschlafdauer, sowie eine verkürzte Wachdauer einen besseren Schlaf signalisieren. In diesem Sinne deuten eigentlich alle hier vorliegenden Ergebnisse darauf hin, daß der Schlaf am Freitag und Samstag besser ist als an den übrigen Wochentagen.

D) ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Untersuchung liegen polygraphische Schlafbeobachtungen an 47 gesunden Versuchspersonen (Vpn) im Alter von 20 bis 32 Jahren (Durchschnittsalter 23.2 Jahre) zugrunde. 36 Vpn waren Männer, 11 Frauen. Im Zeitraum vom 2.6.1974 bis 17.4.1975 schliefen 10 Vpn 10 Nächte, 18 Vpn 14 Nächte und 19 Vpn 20 Nächte hintereinander im Schlafforschungslaboratorium. Das ergab eine Gesamtzahl von 732 Untersuchungnächten. Nach Abzug der Adaptationsnacht und weiterer 35 Nächte, die wegen technischer Defekte oder Alkoholgenuß einiger Vpn nicht verwertet werden konnten, verblieben für die Statistik 650 Untersuchungsnächte.
Der statistische Vergleich der Schlafqualität und -quantität an den verschiedenen Tagen einer Kalenderwoche lieferte folgende statistisch signifikanten Ergebnisse:

1.) In der Freitag- und Samstagnacht ist die Gesamtschlafdauer (To) und die Länge der Traumphasen (T) größer als an den Wochentagen Montag bis Donnerstag und als am Sonntag. Die Wachdauer ist kürzer.

2.) Der prozentuale Anteil des Wachseins ist am Freitag und Samstag am kleinsten.

3.) Stadium C (leichter Schlaf) ist ebenfalls am Freitag/ Samstag relativ kürzer als an den übrigen Tagen.

4.) Stadium D (mittlerer Schlaf) und die REM-Schlafdauer

(T) sind, unabhängig von der Gesamtschlafdauer (To), am Freitag und Samstag länger als an den Werktagen und am Sonntag.

Die Ergebnisse deuten auf einen besseren Schlaf in der Freitag- und Samstagnacht hin, vor allem auf eine Verlängerung der REM-Phasen während der entsprechenden Nächte.

Es konnte somit ein infradianer, circaseptaner, Rhythmus im Schlafprofil des Menschen nachgewiesen werden. Seine Interpretation muß noch offen gelassen werden.

Die Schlafperiodik ist ganz offensichtlich mit dem psychosozialen Faktor der Arbeitszeiteinteilung, aber wahrscheinlich auch mit der endogenen Steuerung des Schlaf-Wach-Rhythmus verkoppelt.

Die Schlafperiodik ist gegenüber dem Arbeitsrhythmus um einen Tag verschoben.

Ob es im Schlafverhalten des Menschen ohne den Einfluß von psychosozialen Faktoren einen Biorhythmus im engeren Sinne gibt, kann aufgrund dieser Untersuchung nicht entschieden werden.

E) LITERATURVERZEICHNIS

Aschoff, J.: Exogene und endogene Komponente der 24-Stunden-Periodik bei Mensch und Tier. Naturwissenschaften (1955), 24: 569-000

Aschoff, J.: Aktivitätsmuster der Tagesperiodik. Naturwissenschaften (1957), 44: 361-000

Aschoff, J.: Circadian Rhythms in Man: a self-sustained oscillator with an inherent frequency underlies human 24-hour periodicity. Science (1965), 148: 1427-1432

Aserinsky, E. and Kleitman, N.: Eye movements during sleep. Fed. Proc. (1953a), 12: 7-000

Aserinsky, E. and Kleitman, N.: Regulary occuring periods of eye motility and concomitant phenomena during sleep. Science (1953b), 118: 273-000

Bochnik, H.J.: Tagesschwankungen der muskulären Leistungsfähigkeit. (Eine ergographische Untersuchung) Dtsch. Z. Nervenheilkd. (1958), 178: 270-275

Cavalleri, A., Montalbetti, N. and Reinberg, A.: Circadian Rhythms in Urinary Excretion of 17-Hydroxycorticosteroids, Dehydroepiandrosterone, Androsterone and Etiocholanolone of Two Healthy Male Subjects. In: Scheving, L.E., Halberg, F. and Pauly, J.E. (Eds.):

Chronobiology. Thieme, Stuttgart (1974), pp. 108-111

Chiba, Y., Cutkomp, L.K. and Halberg, F.: Circaseptan (7-day) Oviposition Rhythm and Growth of Spring Tail, Folsomia Candida (Collembola Isotomidae). J. interdiscipl. Cycle Res. (1973), 4/1: 59-66

Curtis, G.C. and McEvoy, D.: Low-amplitude Infradian Cycles of Urinary 17-Hydroxycorticosteroid Excretion in a Healthy Male Subject. In: Scheving, L.E., Halberg, F. and Pauly, J.E. (Eds.): Chronobiology. Thieme, Stuttgart (1974), p. 523

D'Agata, R., Vigneri, R. and Polosa, P.: Chronobiological Study on Growth Hormone Secretion in Man: Its Relation to Sleep-Wake Cycles and to Increasing Age. In: Scheving, L.E., Halberg, F. and Pauly, J.E.(Eds.): Chronobiology. Thieme, Stuttgart (1974), p. 81

Engel, S.W.: Die depressiven Wellen des Tages. Fortschr. Neurol. Psychiatr. (1957), 25: 342-354

Glass, R.: Kritisches und Experimentelles über den Zeitsinn. Phil. Stud. (1888), IV: 423-456

Gloor, P.: Hans Berger on the Electroencephalogram in Man. Electroenceph. clin. Neurophysiol. Supp. No. XXVIII, Elsevier, Amsterdam (1969)

Halberg, F., Siffre, M., Engeli, M., Hillman, D. et Reinberg, A.: Etude en libre-cours des rythmes circadiens du pouls, de l'alternance veille-sommeil et de l'estimation du temps pendant les deux mois de séjour souterrain d'un homme adulte jeune. C. R. Acad. Sc. Paris (1965a), 260: 1259-1262

Halberg, F., Engeli, M. and Hamburger, Ch.: The 17-Ketosteroid Excretion of a Healthy Man on Weekdays and Weekends. Exp. Med. Surg. (1965b), 23: 61-69

Halberg, F. et Reinberg, A.: Rythmes circadiens et de basses fréquences en physiologie humain. J. Physiol. (1967), 59: 117-200

Halberg, F. and Lee, J.K.: Glossary of selected Chronobiologic Terms. In: Scheving, L.E., Halberg, F. and Pauly, J.E. (Eds.): Chronobiology. Thieme, Stuttgart (1974)

Hampp, H.: Die tagesrhythmischen Schwankungen der Stimmung und des Antriebes beim gesunden Menschen. Arch. Psychiat. Nervenkr. (1961), 201: 355-377

Hellbrügge, Th., Rutenfranz, J. und Graf, O.: Gesundheit und Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter. Thieme, Stuttgart (1960)

Hellpach, W.: Geopsyche - Die Menschenseele unter dem Einfluß von Wetter und Klima, Boden und Landschaft. Enke, Stuttgart (1950)

Hildebrandt, G. und Frank, D.: Der subjektive Verlauf der aktivierenden Kneipp-Kurbehandlung und seine Abhängigkeit vom biologischen Jahresrhythmus. Aus dem L.R. GROTE-Institut für Physiotherapie und Rehabilitation, Bad Berleburg, und dem Institut für Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung der Universität Marburg/Lahn. Überreicht vom Verfasser. (1974)

Jovanović, U.J.: Subklinische Erscheinungsformen der Schlaf-Wachaktivität. In: Jovanović, U.J. (Hrsg.): Der Schlaf, neurophysiologische Aspekte. Barth, München (1969), s. 191-206

Jovanović, U.J.: Schlafforschung und ihre klinischen Aspekte. Nervenarzt (1970), 41: 5-23

Jovanović, U.J.: Normal Sleep in Man (Monograph.) Hippokrates, Stuttgart (1971)

Jovanović, U.J.: Sexuelle Reaktionen und Schlafperiodik bei Menschen. Enke, Stuttgart (1972)

Jovanović, U.J.: Schlaf und Traum. Fischer, Stuttgart (1974)

Jovanović, U.J.: Schlaf und psychophysische Erholung. Med. Monatsschr. (1976a), 10: 444-445

Jovanović, U.J.: Sleep Disturbances in Neuropsychiatric Patients. Waking and Sleeping (1976b), 1: 67-88

Jovanović, U.J.: Zur Methodik der Chronopsychologie. - Psychometrische, polygraphische, klinische und Persönlichkeitsuntersuchungen - Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg (1978)

Jovanović, U.J., Liebaldt, G., Muhl, M., Nippert, M., Stöcker, G. und Stumkat, E.: Längerer Schlafentzug und seine Begleiterscheinungen. Arch. Psychiat. Nervenheilk. (1971), 214: 183-202

Keil, G.: Vorstand des Instituts für Geschichte der Medizin der Universität Würzburg. Korrespondenz mit Dr. Jovanović (1976)

Kleitman, N. and Ramsaroop, A.: Periodicity in Body Temperature and Heart Rate. Endocrinology (1948), 43: 1-20

Lange, N.: Beiträge zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit und der aktiven Apperception. Phil. Stud. (1888), IV: 390-421

Lippold, G.: Der Schlaf bei verschiedenen sozialen Gruppen. In: Schwarz, H. (Hrsg.): Der Schlaf in physiologischer, klinischer, soziologischer und therapeutischer Sicht. Fischer, Jena (1972), S. 81-92

Loomis, A.L., Harvey, E.N. and Hobart, G.A.: Cerebral States During Sleep as Studied by Human Brain Potentials. J. Exp. Psychol. (1937), 21: 127-144

Loomis, A.L., Harvey, E.N. and Hobart, G.A.: Distribution of Disturbance-Patterns in the Human Electroencephalogram, with special Reference to Sleep. J. Neurophysiol. (1938), 1: 413-430

Lund, R.: Circadian Periodicity of Physiological Variables in Seven Blind Subjects with and without Time Cues. Ph. D. Thesis, TU München (1974)

Mendels, J. and Hawkins, D.: Sleep Laboratory Adaption in Normal Subjects and Depressed Patients. (First Night Effect) Electroenceph. Clin. Neurophysiol. (1967), 22: 556-558

Menninger-Lerchenthal, E.: Periodizität in der Psychopathologie (Neuro- und Allgemeinpathologie). W. Mandrich, Wien (1960)

Müller, H.G.: Weitere Untersuchungen der Herzfrequenz im Nachtschlaf gesunder Menschen. Das Studium der tonischen Veränderungen in den Stadien und Perioden des Schlafes. Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg (1974)

Müller, H.K.M.: Die Herzfrequenz im Nachtschlaf gesunder Menschen. Das Studium der Geschlechtsunterschiede, der Adaptation und der Traumphasen. Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg (1974)

Münch, G.: Zur Problematik der EEG-Veränderungen im Schlaf. Experimentelle Untersuchung an gesunden Menschen jüngeren Alters. Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg (1975)

Reimann, H.A.: Periodic Diseases. F. A. Davies, Philadelphia (1963)

Reimann, H.A.: Clinical Importance of Biorhythms longer than the Circadian. In: Scheving, L.E., Halberg, F. and Pauly, J.E. (Eds.): Chronobiology. Thieme, Stuttgart (1974), p. 304

Reinberg, A., Apfelbaum, M., Assan, R. and Lacatis, D.: Persisting Circadian Rhythm in Insulin, Glucagon, Cortisol, etc. of Healthy Young Women during Caloric Restriction (Protein Diet). In: Scheving, L.E., Halberg, F. and Pauly, J.E. (Eds.): Chronobiology. Thieme, Stuttgart (1974), p. 88

Rensing, L.: Biologische Rhythmen und Regulation. Fischer, Stuttgart (1973)

Roffwarg, H.P., Munzio, J.N. and Dement, W.C.: Ontogenetic Development of the Human Sleep-Dream Cycle. Science (1966), 152: 604-619

Sothern, R.B.: Low-Frequency Rhythms in the Beard-Growth of a Man. In: Scheving, L.E., Halberg, F. and Pauly, J.E. (Eds.): Chronobiology. Thieme, Stuttgart (1974), p. 241

Stebel, J. und Sinz, R.: Nachweis einer 2-Minuten-Periodik im zentralnervösen Kurzspeicher bei akustischer Informationseingabe. Acta biol. med. germ. (1971), 27: 585-594

Theissen, R.: Elektrooculographische Registrierungen von raschen Augenbewegungen im Schlaf. Untersuchung an gesunden Menschen

jüngeren Alters und an Kleinkindern. Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg (1973)

Völkl, B.: Beziehungen von K-Komplexen und Beta-Spindeln im Schlafelektroencephalogramm des Menschen zu Traumphasen. Beitrag zum Problem der Hirnaktivität im Schlaf und der Auswertung der bioelektrischen Hirnpotentiale. Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg (1974)

Vorberg, R.: Zur Problematik der Motorik im Schlaf. Experimentelle Untersuchungen an gesunden Menschen jüngeren Alters. Inaugural-Dissertation, Universität Würzburg (1972)

Voss, G. von: Über die Schwankungen der geistigen Arbeitsleistung. Psychol. Arb. (1899), 2: 399-449

Wever, R.: Zum Mechanismus der biologischen 24-Stunden-Periodik I. Kybernetik (1962), 1/4: 139-154

Wever, R.: Zum Mechanismus der biologischen 24-Stunden-Periodik II. Der Einfluß des Gleichgewichtes auf die Eigenschaften selbsterregender Schwingungen. Kybernetik (1963), 1/6: 213-231

Wever, R.: Zum Mechanismus der biologischen 24-Stunden-Periodik III. Anwendung der Modellgleichung. Kybernetik (1964), 2/3: 127-144

Herrn Dozent Dr. U.J. Jovanović möchte ich für die Überlassung des Themas und die stets rasche und freundliche Unterstützung danken.

Herrn Professor Dr. O. Schrappe danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Frau Dr. I. Haubitz bin ich für die Erstellung des Computerprogrammes und die Ratschläge bei der statistischen Bearbeitung meines Themas zu Dank verpflichtet.

Lebenslauf

Am 8. Februar 1950 wurde ich als zweites Kind des Arztes Dr. Hannskarl Baunach und seiner Frau Maria, geb. Eichfeld, in Bad Kissingen geboren.
1960 trat ich in das Neusprachliche Gymnasium der Kreuz-Schwestern in Gemünden/Main ein und wechselte 1967 an das Neusprachliche Gymnasium in Bad Kissingen, wo ich 1969 das Abitur ablegte.
Nach einer halbjährigen Tätigkeit in einem Sanatorium und einem Semester Chemiestudium begann ich im Wintersemester 1970/71 mein Studium der Humanmedizin an der Universität Würzburg. Hier belegte ich die vorklinischen und klinischen Semester und beendete am 15.Dezember 1976 die Ärztliche Prüfung.
Während der Medizinalassistentenzeit war ich im Luitpold-Krankenhaus Würzburg, im Städtischen Krankenhaus Schweinfurt und im Juliusspital Würzburg tätig.

Seit August 1978 bin ich mit Dr.rer.nat. Thomas Englert verheiratet.

Gabriele Englert

Druck: Böhler-Verlag 87 Würzburg, Seilerstr. 10-10a